



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## **Notat vedr. de bærende konstruktioner i råhuset udført som elementbyggeri i beton og murværk for almindelige bygningskonstruktioner**

Holm, K. Lykke

*Publication date:*  
1995

*Document Version*  
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Holm, K. L. (1995). *Notat vedr. de bærende konstruktioner i råhuset udført som elementbyggeri i beton og murværk for almindelige bygningskonstruktioner*. Aalborg Universitetsforlag. U/ Nr. U9511

### **General rights**

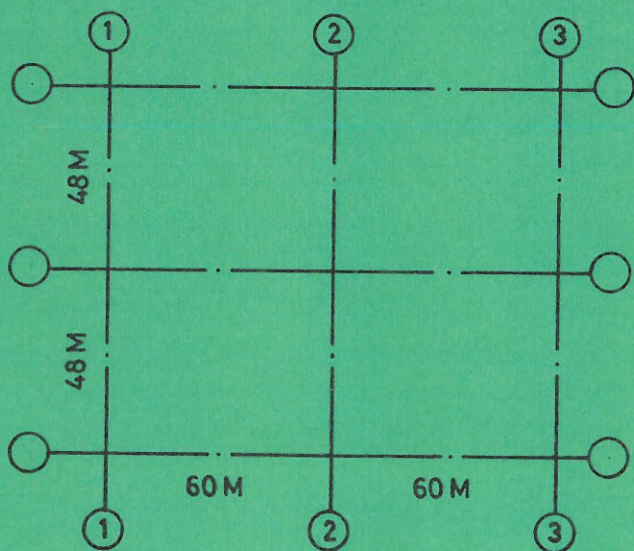
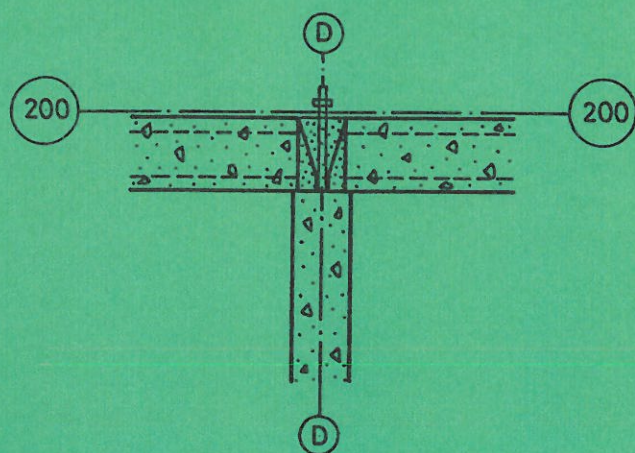
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.





### SYNOPSIS

Notatet omhandler almindeligt elementbyggeri i beton og murværk. Der er også medtaget in situ (dvs. pladsstøbt) søjle-bjælke-plade konstruktioner.

Målgruppen er AUC-studerende.

Notatet er tænkt som en meget koncentreret indføring i emnet med hovedvægten lagt på den principielle forståelse og ikke en systematisk gennemgang af emnet.

Det er forfatterens håb, at notatet kan virke inspirerende og igangsættende til videre selvstændig aktivitet og kreativitet.

---

**K. LYKKE HOLM**

**NOTAT VEDR. DE BÆRENDE KONSTRUKTIONER I RÅHUSET UDFØRT SOM ELEMENTBYGGERI I BETON OG MURVÆRK FOR ALM. BYGNINGSKONSTRUKTIONER, 2. udgave  
JULI 1995**

**ISSN 0902-8005 U9511**

---



## FORORD

Efter den sidst reviderede studieordning for B-sektoren er vejledning i bygningskonstruktion fjernet fra 3. semester, og projektenhedens hovedvægt ligger på indeklima og installationer. Der er heller ikke undervisning i bygningskonstruktion i form af kurser eller lignende på 4. semester. Dette har ført til vanskeligheder i projektarbejdet for 4. semester, hvor projektenheden omhandler konstruktion og beregning af en bygningskonstruktion.

Undervisningsudvalget i Instituttet for Bygningsteknik har derfor bedt om et materiale, der kan give de studerende en hurtig indføring i de generelle principper for de bærende konstruktioner i råhuset for almindelige bygningskonstruktioner.

Det er forfatterens håb, at dette kortfattede notat vil vise sig at være nyttigt - specielt ved 4. semesters projektstart. Det ville være ønskeligt, om der kunne afsættes projekttid til en forelæsning og en drøftelse af emnet.

Idegrundlaget til dette notat er hentet fra "Modul og Montagebyggeri" af Henrik Nissen, og der er også lånt nogle figurer fra bogen, nemlig figur 1.1, 1.2, 1.4 og 1.5.

Aalborg, januar 1994

Kjeld Lykke Holm

## FORORD TIL 2. UDGAVE

Bortset fra nogle få rettelser forårsaget af, at notatet tænkes anvendt af alle interesserede, er notatets indhold uændret.

Aalborg, juli 1995

Kjeld Lykke Holm

# INDHOLDSFORTEGNELSE

|   |    |
|---|----|
| INDLEDNING . . . . .  | 3  |
| 1. MODULPROJEKTERING . . . . .  | 4  |
| 2. BYGGERI MED BETONELEMENTER . . . . .   | 8  |
| 3. MURET BYGGERI (med dækelementer) . . . . .   | 14 |
| 4. BJÆLKE-SØJLE-PLADE-KONSTRUKTIONER . . . . .  | 15 |
| 5. RÅD OG VINK TIL HJÆLP VED PROJEKTERING AF RÅHUSETS<br>BÆRENDE KONSTRUKTIONER . . . . . | 20 |
| 6. AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER VEDR. PROJEKTARBEJDET . . .                                   | 23 |

Tegningsoversigt: B = betonelementer, M = murværk

| Tegning nr. | Emne                                    | Målestok |
|-------------|---|----------|
| B1          | Samling over tværvæg                    | 1:5      |
| B2          | Samling ved facade                      | 1:5      |
| B3          | Tagkonstruktion med spær                | 1:5      |
| B4          | Tagkonstruktion med "fladt" tag         | 1:5      |
| B5          | Facadeelementers tilslutning til kælder | 1:5      |
| B6          | Hjørne ved gavl                         | 1:5      |
| M1          | Samling over tværvæg                    | 1:5      |
| M2          | Samling ved facade                      | 1:5      |
| M3          | Tagkonstruktion med spær                | 1:5      |
| M4          | Tagkonstruktion med "fladt" tag         | 1:5      |
| M5          | Ydervæggens tilslutning til kælder      | 1:10     |



## INDLEDNING

Dette notat er en yderst koncentreret fremstilling af udformning af de bærende konstruktioner i råhuset i almindeligt elementbyggeri i beton og murværk i almindelige bygningskonstruktioner.

Alle tegningerne - B1 til B6 og M1 til M5 - er tegnet i skala 1:5 og 1:10 (dog kun for M5). Tegningerne er ikke helt gennemarbejdede. Dette er imidlertid tilsigtet for at undgå, at de opfattes som fejlfri og 100% i orden - lige til at plagiere! Det er ikke tilfældet! Der er altid noget, der kunne være bedre, fordi der er så mange muligheder og teknikker, og løsningsrummet er så vidtspændende for den kreative ingeniør.

Meningen med tegningerne er at afdække nogle principper, som der kan arbejdes videre med.

Der er medtaget et absolut minimum af den næsten endeløse mængde af standarder, love, bestemmelser, data for prefabrikerede elementer osv., osv.

Det er meningen, at de studerende skal lære selv at opsøge relevante oplysninger fra f.eks. Bygningsreglement, betonvarekataloger (der findes en samling i Instituttet for Bygningsteknik), normer, standarder m.m.

Der er forklaret lidt om rumlig stabilitet og virkemåden for forskydningslåse. Der er dog ingen beregninger, men kun en kvalitativ argumentation.

Notatet afsluttes med råd og vink og afsluttende bemærkninger. Her er også medtaget lidt om råhusets tegninger og målaf sætning.

# 1. MODULPROJEKTERING

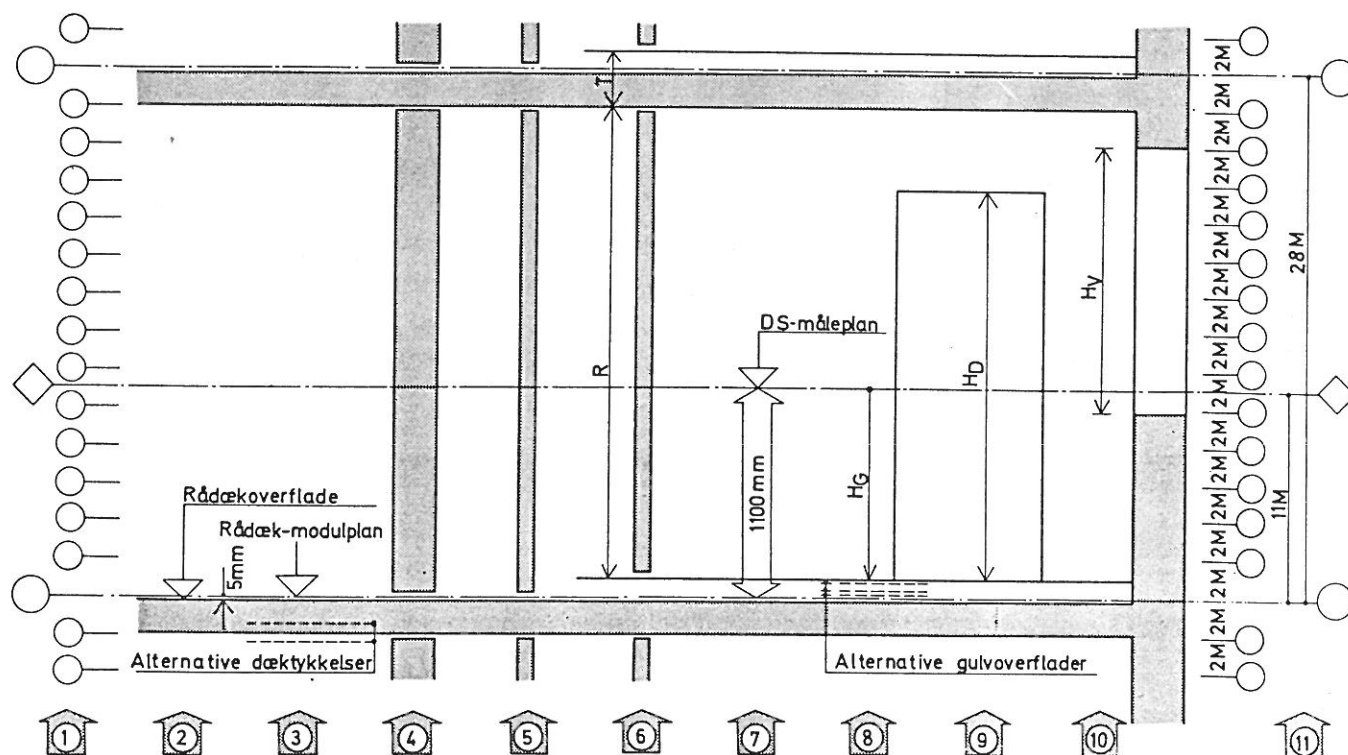
Det danske modulnet er baseret på  $1M = 100 \text{ mm}$ .

Planlægningsmodul i planen er  $3M$ .

Planlægningsmodul i højden er  $2M$ .

Der er præferencemål, som er multipla af planlægningsmodulerne jvf. diverse standarder og producentkataloger for færdigvarer.

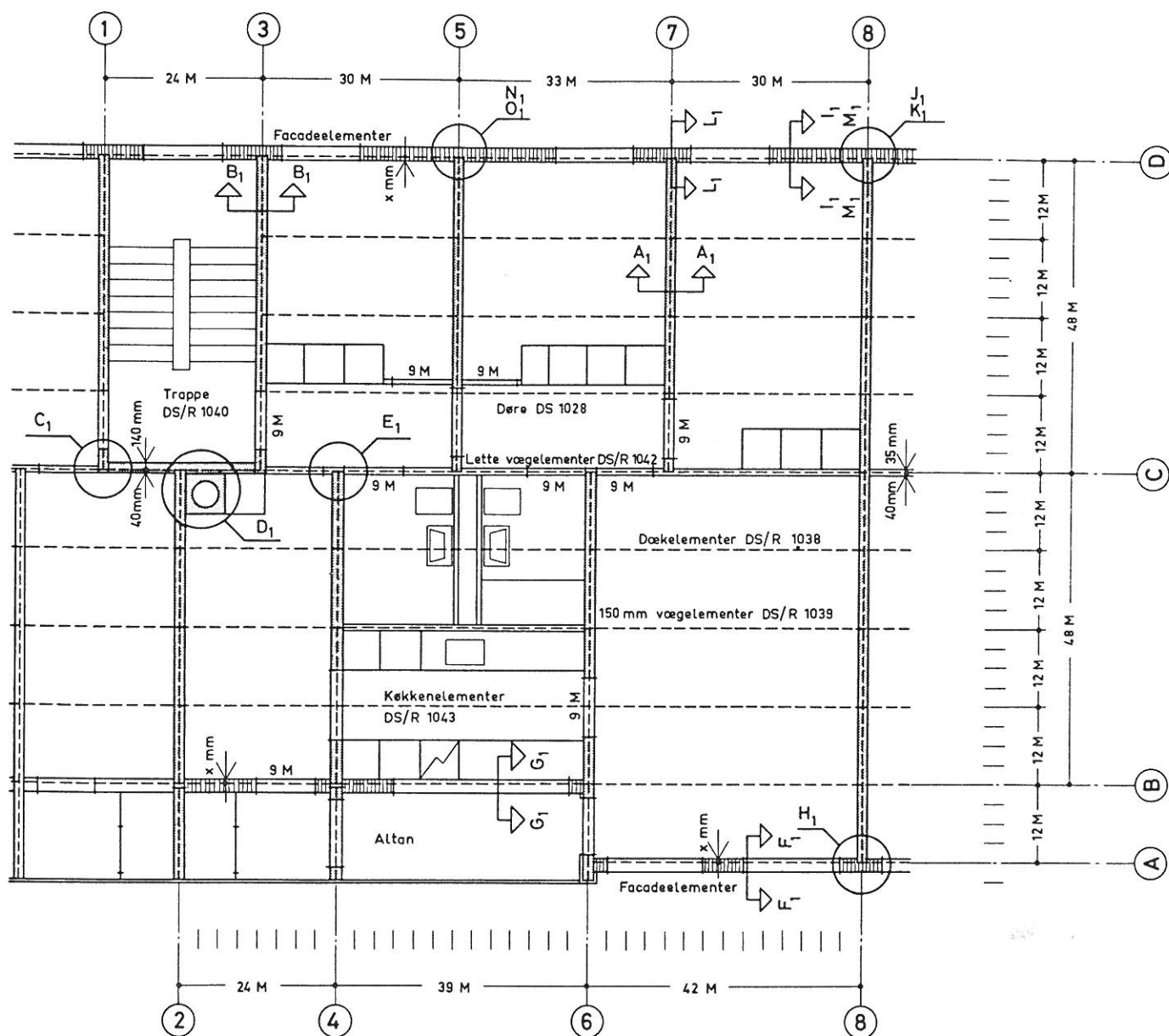
Standardiserede højdemål fremgår af nedenstående figur 1.1.



|   |           |   |           |
|---|-----------|---|-----------|
| ① Lodret planlægningsmodul $2M$   | DS 1012   | ⑦ Højdemål på installationer og indbygningskomponenter afsættes fra måleplanet  | DS 1000   |
| ② Bærende rådæk-overside, 5mm under modulplan                                     | DS/R 1049 | ⑧ Gulvoverflader afsættes fra måleplanet  | DS/R 1046 |
| ③ Rådæk-modulplan. Hule dækkomponenter<br>Alternative dæktykkelser afsættes nedad | DS/R 1038 | ⑨ Hulmål til døre, $H_D$<br>Døroverliggerens højdeplacering afhænger af gulvoverfladens højdeplacering  | DS 1028   |
| ④ Bærende indvendige vægge<br>Højden afhænger af rådækkets tykkelse               | DS/R 1039 | ⑩ Hulmål til vinduer, $H_V$<br>Vindueshullet skal være modulært men dets højdeplacering behøver ikke nødvendigvis at følge planlægningsmodulernes takt. | DS 1003   |
| ⑤ Ikke-bærende indvendige vægge<br>Højden afhænger af rådækkets tykkelse          | DS/R 1042 | ⑪ Etagehøjden er $28M (=R+T)$   | DS 1000   |
| ⑥ Flytbare vægge<br>Højden bestemmes af rumhøjden, $R$                            | DS 1000   | byggelovkrav  |           |

Figur 1.1. Oversigt over standardiserede højdemål efter DS 1000. Måleplanet beliggende 1100 mm over rådækmodulplanet anvendes som afsætningsplan på arbejdstegningerne. Hvor rådækkets tykkelse overskrider  $2M$ , må de bærende vægges højde, (4), afpasses herefter, således at etagehøjden  $28M$ , (11), kan opretholdes.

Figur 1.2 viser en moduloversigtstegning for et byggeri.



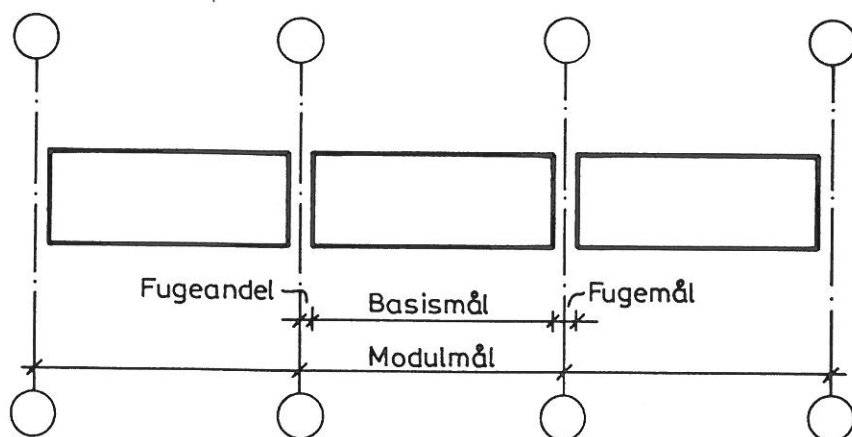
MODULOVERSIGTSTEGNING 1 : 100

Figur 1.2. Moduloversigtstegningen bringer elementerne på plads i forhold til hinanden og til modullinierne. I montagebyggeriet bliver moduloversigtstegningerne oftest enkle og klare.

## 1.1 MODULMÅL, BASISMÅL OG FUGER

I figur 1.3 er modullinier markeret med en cirkel. Der er vist en række ens elementer, der skal placeres mellem modullinierne.



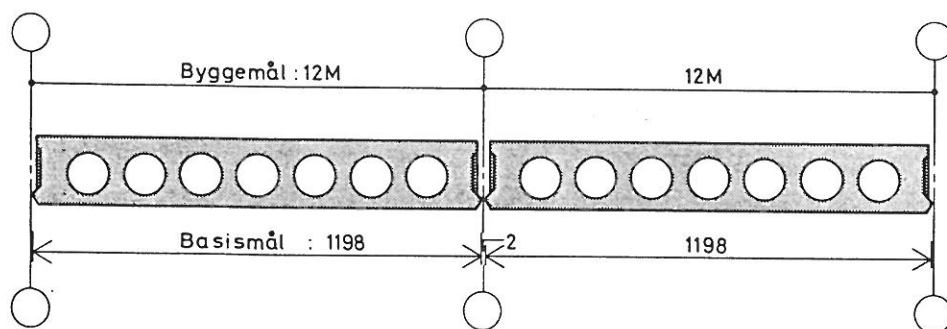


Figur 1.3.

Dette kan kun lade sig gøre i praksis, hvis elementernes tilvirkningsmål er lidt mindre end modulmålet. Elementerne fremstilles derfor med et basismål, der er lidt mindre end modulmålet, hvorved der fremkommer en fuge.

### Eksempel 1

I moderne byggeri anvendes dækelementer, der fremstilles på betonvarefabrik. Mål, bæreevne m.v. fremgår af fabrikanternes kataloger.



1: 20

Vandret modulmål  
Fuger  
Vandret basismål

12M = 1200 mm  
2 mm  
1198 mm

Fugemålet er her bestemt af, at fugen skal være selvforskallende.

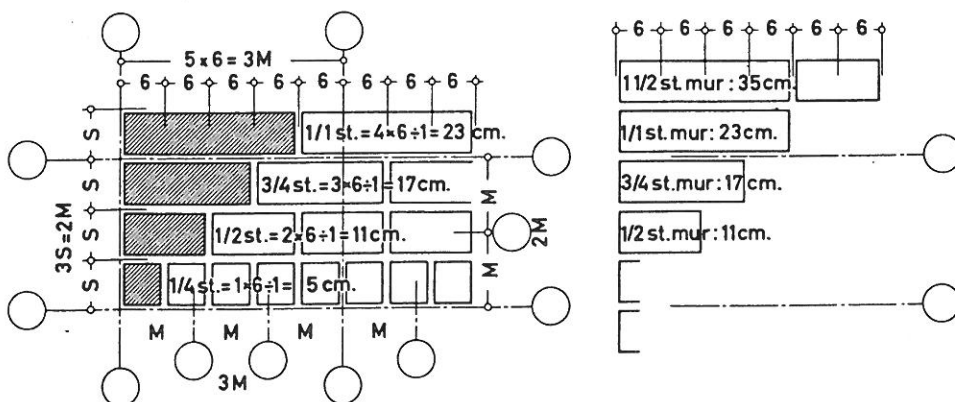
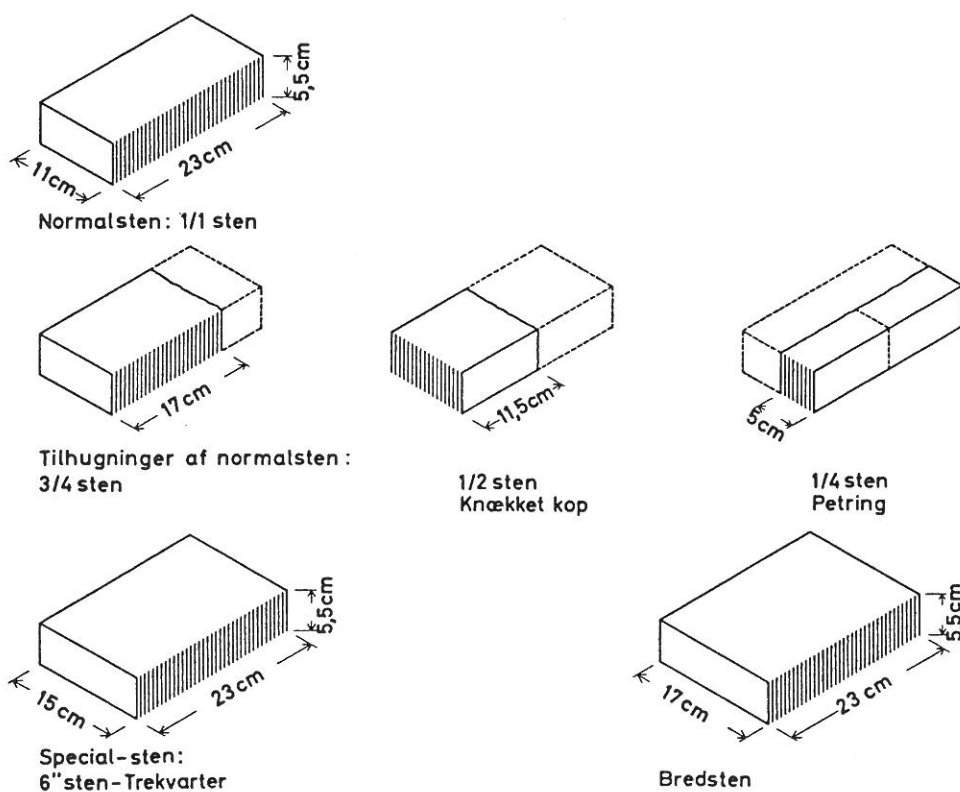
Figur 1.4. Modulære dækplader.

I figur 1.4 er vist et lodret snit i en typisk etageadskillelse udført med dækelementer.

## Eksempel 2

Der anvendes stadig murværk i almindeligt byggeri men ikke til højhuse.

Forbandt mål for almindelige mursten fremgår af figur 1.5. Der regnes i almindelig praksis med afrundede mål, således at en normalsten er  $230 \times 110 \times 55 \text{ mm} = L \times B \times H$ , at de lodrette fuger er 10 mm (studsfuger), samt at 3 skifter = 200 mm.



FORBANDTMÅL

MURTYKKELSER

NORMALMURSTEN 1:10  
Afrundede mål i cm.

Figur 1.5. Mursten og murværksmål med danske normalsten.

Det bemærkes, at forbandtmål stemmer overens med planlægningsmodulerne 3M og 2M.

Murtykkelser og murpillers bredde bliver et multiplum af 60 mm minus 10 mm. F.eks. har en 4-stens murpille bredden  $4 \cdot 240 - 10 = 950$  mm.

Murhullers bredde bliver et multiplum af 60 mm plus 10 mm. F.eks. har et 4-stens murhul bredden  $4 \cdot 240 + 10 = 970$  mm.

Højden i et murhul bliver et multiplum af  $66\frac{2}{3} + 12$  mm svarende til, at 3 skifter har en højde på  $2M = 200$  mm, og de vandrette fuger (liggefuger) er 12 mm. F.eks. har et murhul på 12 skifter en højde  $= 12 \cdot 66\frac{2}{3} + 12 = 812$  mm.

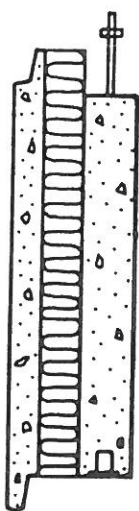
## 2. BYGGERI MED BETONELEMENTER

Der fremstilles et stort udbud af prefabrikerede byggelementer, hvoraf kan nævnes bl.a.

- facade- og gavlelementer
- vægelementer
- dækelementer
- trappeelementer
- bjælker
- søjler
- specialelementer

se også fabrikanternes betonvarekataloger.

Facade- og gavlelementer er sandwichelementer med en forplade, isolering og en



bagplade, der vender ind mod bygningen. Bagpladen er foroven forsynet med bolte med møtrik, således at det ovenliggende element kan justeres til korrekt højde. Forneden er bagpladen forsynet med bøsninger, som omslutter montagebolten fra det underliggende element. Forpladen er forbundet med bagpladen med rustfri stålbøjler, som fastholder forpladen, og i hulrummet er der isolering.

Elementerne leveres med huller til vinduer, rør til el-, antenner osv.

Vægelementer er i princip som bagpladen i facade/gavlelementer. De leveres med døråbninger, el-rør, udsparring til kontakter m.v.

Dækelementer og tagelementer er armerede betonplader - ofte med udsparringer for at spare vægt.



**Trappeelementer, bjælker og søjler** findes som standardelementer, der kan købes efter katalog. Her nævnes blot RB, IB og SIB, hvor B betyder bjælke og R = rektangulært tværsnit, I = I-tværsnit og S = sadelformet dvs. højest på midten og med fald mod enderne (anvendes som tagspær).

**Specialelementer** kan bestilles, men hvis muligt helst som varianter, der med enkle modifikationer kan støbes i eksisterende forme. Ved projekteringen skal man efterstræbe så få specialelementer som muligt!

## 2.1 BYGGERI MED TVÆRVÆGGE

I princip kan naturligvis tænkes mange måder at sammenbygge betonelementerne på. For at belyse samlingsprincipperne studerer vi et såkaldt tværvægsbyggeri. Parallelt med facaderne spænder dækelementerne fra tværvæg til tværvæg.

Vi vil studere nogle typiske samlinger:

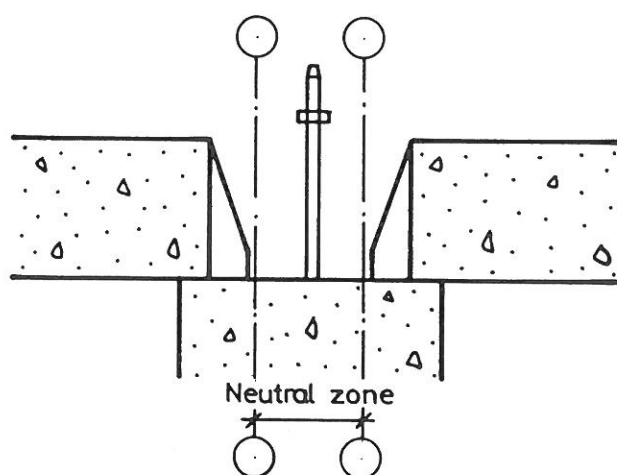
### Tegning nr. B1, samling over tværvæg

Dækelementerne lægges direkte (knasfuge) på tværvæggen. Når dækelementerne er på plads, monteres fugearmering, hvorefter alle fugerne mellem de oplagte dækelementer udstøbes med fugebeton. Når fugebetonen har opnået tilstrækkelig styrke, monteres ovenliggende tværvæg på montageboltene og holdes på plads af skråstøtter. Væggen understøbes med specialmørtel, og de lodrette vægfuger udstøbes.

Læg mærke til, at dækelementernes vederlag er specialudformet med såkaldte "knaster" (jvf. katalogerne), således at trykoverføring fra den ovenliggende væg til den underliggende væg sker gennem fugebetonen og ikke gennem knasvederlaget, som kun skal bære selve dækelementet.

Dimensioner på dækelementer og vægge afhænger naturligvis af de aktuelle laster og spændvidder og må bestemmes i hvert enkelt tilfælde.

Læg også mærke til modulliniernes placering. Her kan bemærkes, at ved tykke vægele-



menter kan der opereres med en såkaldt neutral zone - som bl.a. skal sikre en veldefineret trykoverførelse gennem fugebetonen. Man skal dog være opmærksom på, at en neutral zone kan give problemer andre steder, f.eks. skal facadeelementerne leveres med en længde, der ikke er en standardlængde men kræver en speciel modifikation (som dog ikke er et stort problem, da der kan støbes i modificeret standardform).

### Tegning nr. B2, samling ved facade

Tegningen viser et lodret snit i facaden mellem tværvæggene.

Princippet er analogt med princippet for samlingen over tværvæg bortset fra, at dækelementet kun er ført 25 mm ind på bagvæggen - af hensyn til lyd- og brandforhold. (Ved gavlene, hvor dækelementerne bærer i retning vinkelret på gavlen, skal der være knastvederlag som vist på tegning B1.)

For at undgå kuldebro ud for fugebetonen skal der monteres isolering, der sikrer kontinuiteten i facadeelementernes isolering. De forskellige fabrikater har hver sin udformning af facadeelementsamlingen - her er blot vist, at isoleringen skal føres igennem.

Læg mærke til, at modullinien A's placering bestemmes af dækelementet!

### Tegning nr. B3, tagkonstruktion med spær

Forpladen er modificeret for at passe med spærhovedets underkant. Den viste rem er fugtisoleret med asfaltpap og fastholdes med galvaniserede bolte indstøbt i fugebetonen. Der anvendes almindelige standard spær. Af brandhensyn anvendes dækelementer i tagetagen.

Tagbeklædning, tagrender, undertag, loftisolering m.v. er ikke vist, men kan f.eks. udformes som vist på tegning nr. M3.

### Tegning nr. B4, tagkonstruktion med fladt tag

Der er mange problemer med vandafledning, nedløbsrør, udluftning af tagisolering osv., som kræver omhyggelig detailprojektering. Den variable vulst skal lede vandet hen til tagnedløbene.

### Tegning nr. B5, facadeelementernes tilslutning til kælder

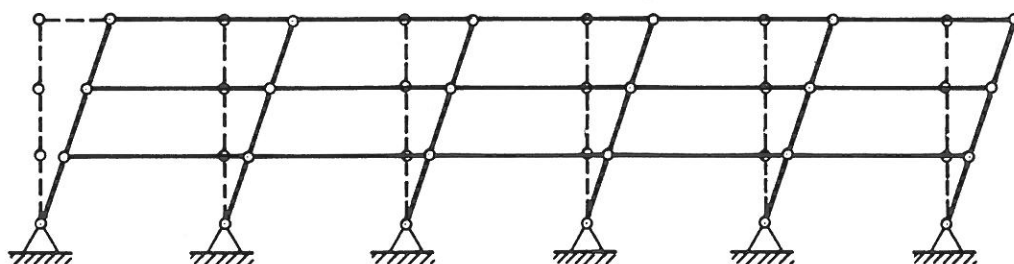
Kældervæggen er pladsstøbt, og kældergulvet udføres som terrændæk. Kældervæggen er foroven forsynet med montagebolte for facadeelementer.

### Tegning nr. B6, hjørne ved gavl

Tegningen viser et plant snit. Også her findes mange muligheder. Der findes standard hjørneelementer jvf. betonvarekataloger, men man kan også selv komponere noget som f.eks. korrosionsbehandlet stålplade som vist. Pladerne monteres med boltepestol. Bolteforbindelserne skal tillade pladerne at "arbejde" lidt p.gr.a. temperaturændringer og således, at det ikke giver anledning til støj.

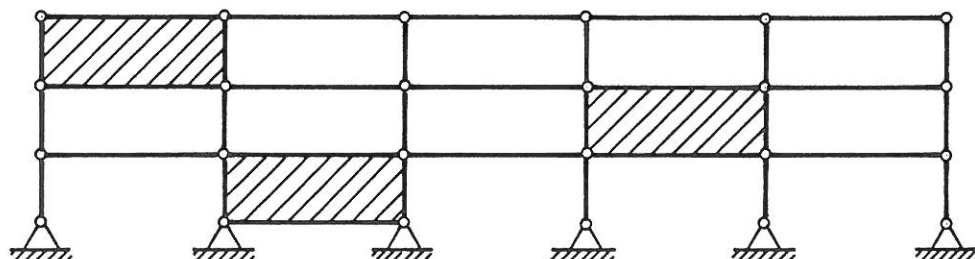
### Facade med lette facadeelementer

I stille boligområder, hvor støjisoleringen ikke kræver tunge facadeelementer, kunne man vælge lette facadeelementer. De kan kun bære sig selv og klare vindpåvirkningen vinkelret på facaden. De kan ikke betragtes som stabiliserende bygningselementer som f.eks. de før omtalte facadeelementer.



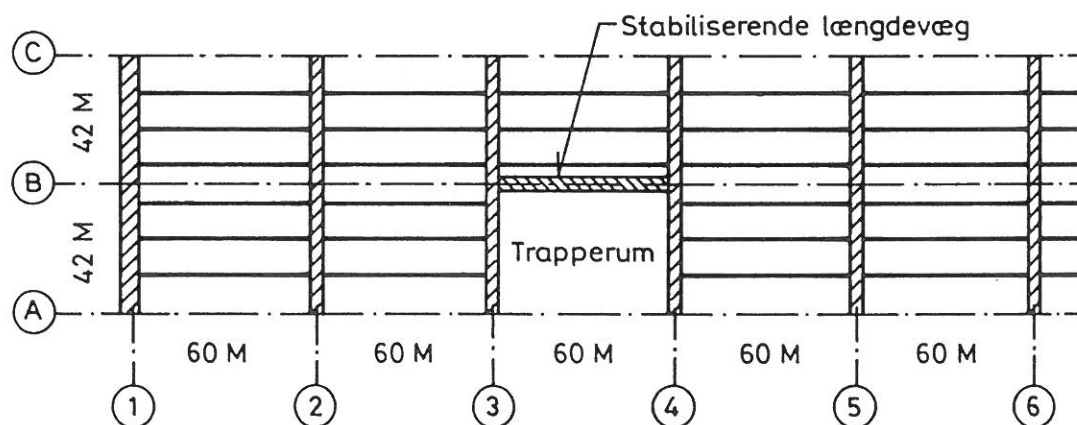
Figuren viser et lodret længdesnit i et tværvægsbyggeri. Tværvægge og dækelementer er at betragte som "kort i et korthus", og huset vil vælte som vist - det er instabilt i husets længderetning, men ikke i tværretningen, hvor væggene virker stabiliserende.

Anbringer vi nu en afstivende længdevæg i hver af de tre etager, vil denne virke stabiliserende, fordi den vil bibeholde sin rektangulære form som vist på figuren, og forudsat,



at der er tilstrækkelig sammenhæng i bygningen iøvrigt, er konstruktionen nu blevet rumlig stabil.

I praksis ordnes elevatorskakte eller trapperum med længdestabiliserende væg. Sammenhæng i hele konstruktionen sikres ved hjælp af fugearmering. Princippet er vist på figuren.



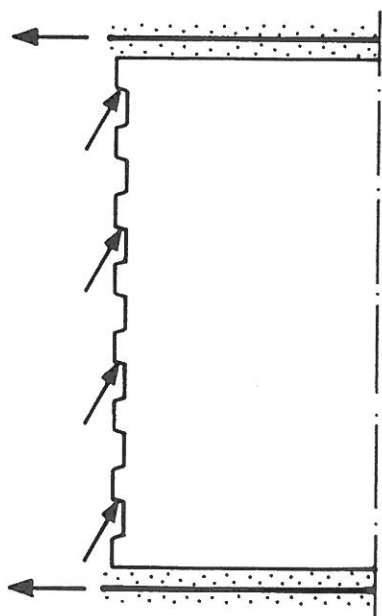
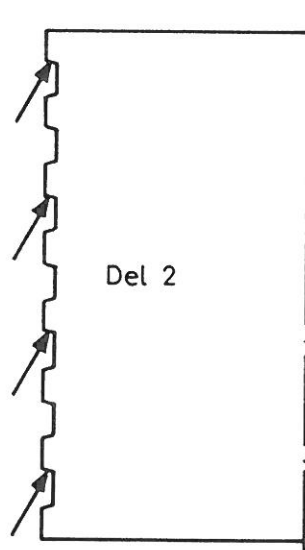
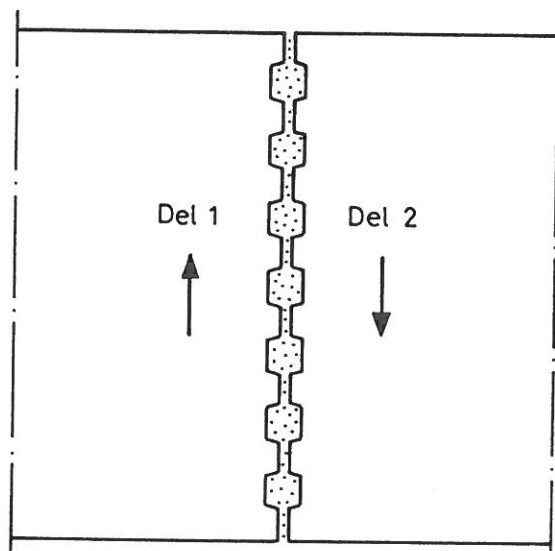
### Plan

På grund af fugearmeringen i etagedækkene udgør de et sammenhængende hele, der så skal "hænge" fast i længdevæggen og derved sikre bygningens rumlige stabilitet.



## Forskydningslåse

De fleste fuger er forsynet med forskydningslåse.

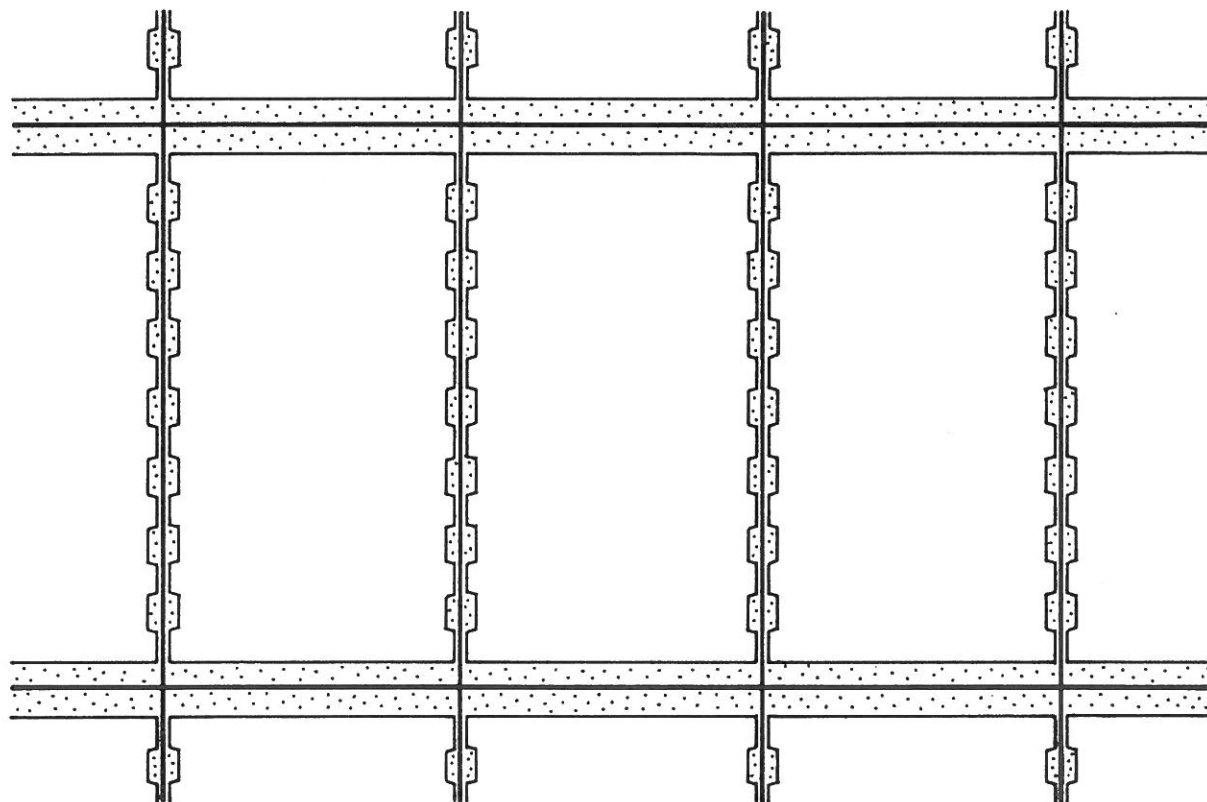


Figuren viser to elementer med forskydningslåse i den lodrette fuger. Fugerne udstøbes med fugebeton. Hvis Del 1 påvirkes opad, og Del 2 påvirkes nedad, vil der opstå kræfter i fugebetonen. Da beton kun kan regnes at optage tryk (beton revner for trækkræfter!), opstår der skrå tryk i fugebetonen.

Hvis delene hindres i at bevæge sig fra hinanden i vandret retning, vil delene åbenbart ikke kunne bevæges i lodret retning. De skrå tryk er vist i hosstående figur. Da disse tryk åbenbart har en vandret komponent, som vil trykke Del 2 mod højre, har vi brug for vandret træk. Dette opnår vi ved at armere de vandrette fuger foroven og forneden som vist. Armeringsstængerne vil da levere den nødvendige kraft, der holder delene sammen.

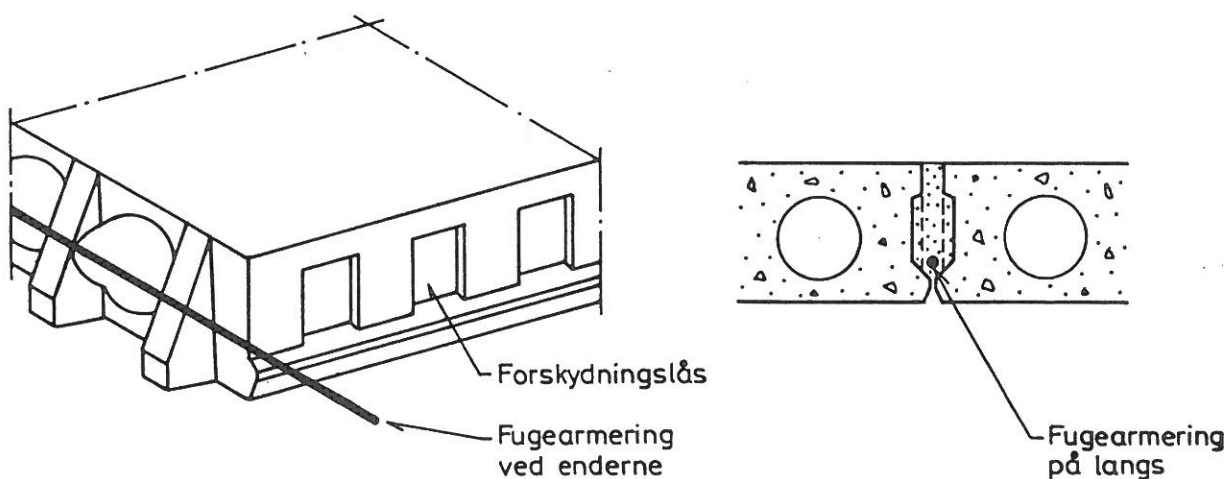
Efter dette princip kan elementbyggeri sikres en indre sammenhæng, der kan sikre mod total kollaps, hvis et bærende element svigter f.eks. ved eksplosion eller anden ulykke (flystørt?).

Princippet anvendt på vægge er vist nedenfor. De sorte streger er armeringsjern.

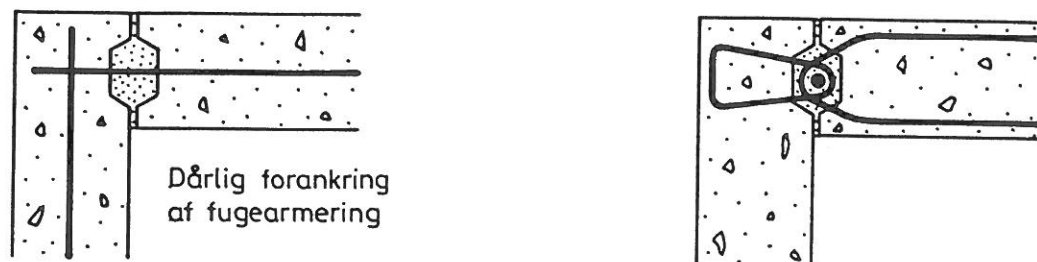


Fugearmering planlægges og beregnes og vises ofte på detailsamlingstegningerne. Som øvelse kan læseren filosofere over, hvor der kan vises fugearmering på de tidligere viste samlingsdetaljer.

For pladernes vedkommende er der forskydningslåse langs fugerne, se figurerne. Fugearmeringen ved enderne holder pladerne sammen og modvirker således de skrå tryk i låsene.



Som en vigtig del af princippet skal man sikre, at de kræfter, der skal kompensere for forskydningslåsenes tendens til "flækning" (låsene prøver at skubbe de sammenlåste



dele fra hinanden!), kan etableres. Specielt skal man være opmærksom på forholdene ved hjørner! Her kan der måske blive tale om ekstra tiltag, som vist med armeringsbøjler i de to elementer og en lodret montagedorn. Denne løsning kan også bruges, hvis der er tale om ekstra store forskydningskræfter. Bøjlerne må ikke hindre kranmontagen!

### 3. MURET BYGGERI

Efter at have studeret et tværvægsbyggeri udført som elementbyggeri skal vi nu se på et tilsvarende byggeri men som muret konstruktion dog med anvendelse af dækelementer. Vi tænker os igen, at dækelementerne spænder parallelt med facaden fra tværvæg til tværvæg.

#### Tegning nr. M1, samling over tværvæg

Dækelementerne udlægges direkte på et afretningslag på tværvæggen med knasfuge. Bortset fra, at der ikke er montagebolt, er forholdene som forklaret ved tegning nr. B1. Dækvederlagene skal dog være minimum  $\frac{1}{2}$  sten  $\sim 110$  mm.

#### Tegning nr. M2, samling ved facade

Læg mærke til modullinien A's placering midt i murmodulet 60 mm. Da den tilsvarende modullinie ved den anden facade også ligger midt i murmodulet 60 mm, bliver der ingen problemer med murforbandt ved gavlene. Dækelementets placering 25 mm inde i bagmuren forklares som 30 mm minus en fugeandel på 5 mm (hele studs-fugen er 10 mm). For- og bagmur forbindes med murbindere i fornødent omfang. Der isoleres med murbatts.

#### Tegning nr. M3, tagkonstruktion med spær

Tagkonstruktionen er tegl på lægter med et tæt undertag fastholdt med liste og ført til tagrende. Bemærk ventilation af tagrummet samt at der skal være asfaltpap over muråbninger. Asfaltpap føres et passende stykke forbi åbningen i begge sider (f.eks. 150 mm). Tagspærerne lægger af på den viste rem, der er fugtisoleret med asfaltpap og fastgjort med galvaniserede bolte.



#### Tegning nr. M4, tagkonstruktion med fladt tag

Der er problemer med vandafledning og udflytning af isoleringen. Formuren støttes af galvaniserede skråstøtter af stål. For at undgå kuldebro kan anvendes neoprenskiver, så varme ikke kan ledes direkte fra fugebeton til skråstøtte og herfra til den kolde formur.

#### Tegning nr. M5, ydervæggens tilslutning til kælder

Kældervæggen er pladsstøbt, og kældergulvet udføres som terrændæk. For- og bagmur fugtisoleret mod fundament med asfaltpap. Desuden føres asfaltpap fra formur 3 skifter op i bagmur for at opfange evt. nedsivende slagregn, der er slået gennem formuren, eller evt. nedsivende kondensvand.

## 4. BJÆLKE-SØJLEKONSTRUKTIONER

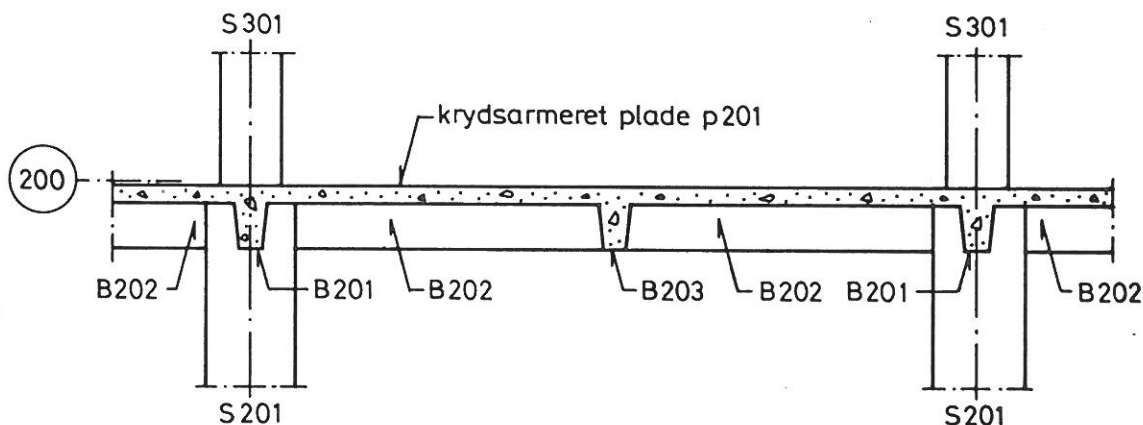
Undertiden ønsker man at undgå bærende vægge og i stedet bruge søjle-bjælke-plade princippet. Gavle og facader er dog stadig opbygget med for- og bagmur med isolering, bortset fra uopvarmede bygninger som f.eks. parkeringshuse.

### IN SITU STØBTE KONSTRUKTIONER

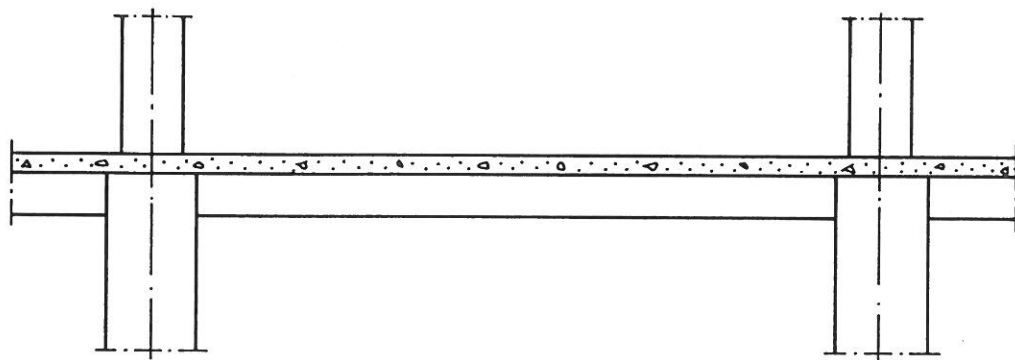
Her er tale om konstruktioner støbt på stedet, og det er stort set et spørgsmål om at bygge formene, betonen skal støbes i. Der findes da også i dag færdige formsystemer. Der er ingen problemer med at få kontinuitet i konstruktionerne, så der er et veldefineret kraftforløb gennem konstruktionen begyndende med pladerne, herfra til bjælkerne og videre til søjlerne, der fører kræfterne til fundamentene. Den rumlige stabilitet er heller ikke problematisk. Derimod må det overvejes, hvor der skal anordnes dilatationsfuger, der kan udligne den sammentrækning af betonen, som sker p.gr.a. betonens svind, som typisk kan andrage 0,2 mm pr. m for uhindret svinddeformation. Hindres svinddeformationerne (som f.eks. nederst i bygningen, hvor fundamenternes friktion mod jorden modvirker bevægelse), vil der opstå svindrevner.

In situ støbning anvendes normalt altid ved kældre o.l. under terræn.

#### Krydsarmerede dæk



Vi ser, at den viste plade, p201, er understøttet af fire bjælker, B201, B202, B203 og B204 (som ikke kan ses, men den er parallel med B202). Pladen bærer derfor i to retninger til forskel fra en enkeltspændt plade, der kun bærer i een retning som f.eks. nedenfor vist. Her er ingen "tværbjælker" som B201 og B203 ovenfor, og pladen bærer



derfor kun i een retning - vinkelret på papirets plan. Krydsarmerede plader bør helst være nær kvadratiske. Bliver de for "aflange", virker de efterhånden som enkeltspændte i den korte retning.

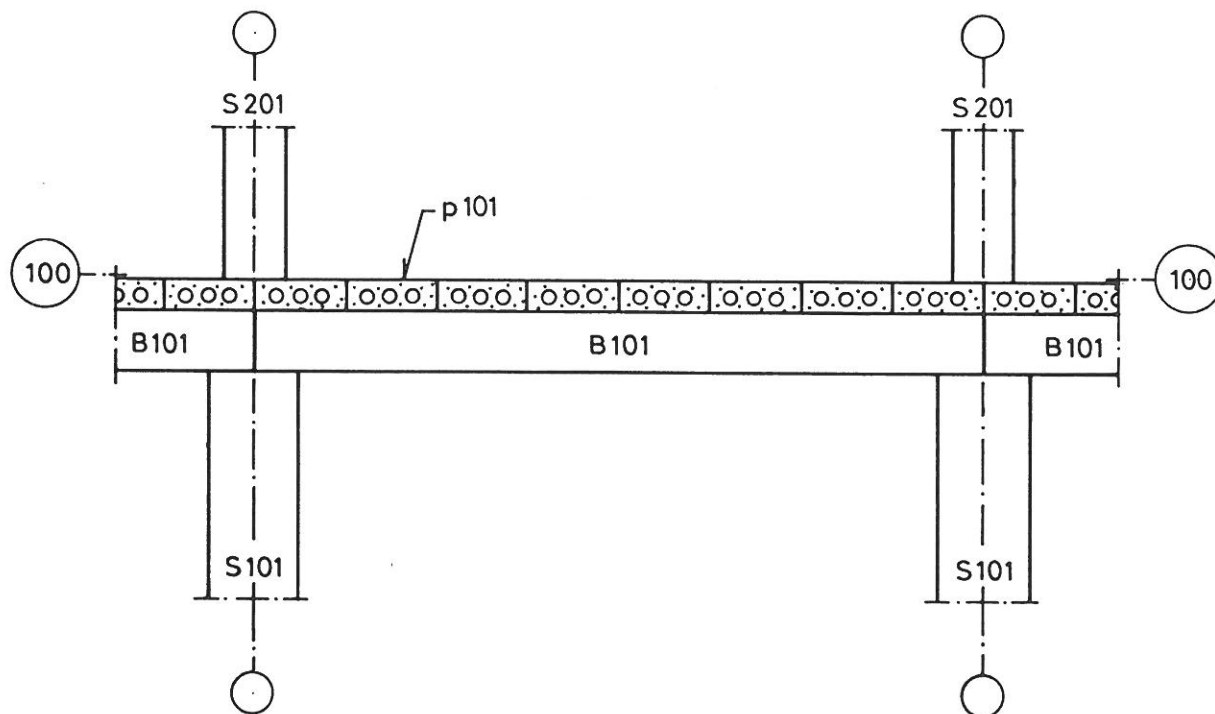
Fordelen ved disse pladsstøbte dæk er, at de kan bære store laster som f.eks. i industribygninger, lagerhuse, parkeringshuse o.l., hvor prefabrikerede elementer bliver for uhåndterlige.

## PREFABRIKEREDE BJÆLKE-SØJLEKONSTRUKTIONER

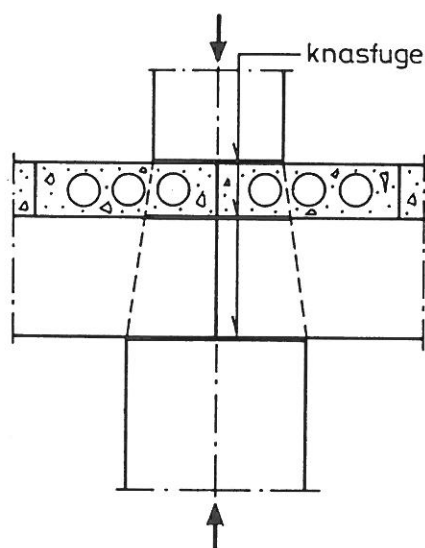
Her er der problemer med at få kræfterne ført gennem samlingerne på en veldefineret måde.

Problemet kan anskueliggøres som følger:

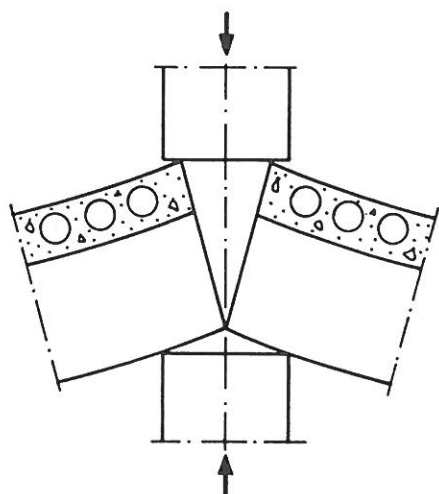
Vi starter med søjlerne S101. Bjælkerne skal derefter oplægges på søjlerne S101. Dernæst skal dækelementerne p101 oplægges på bjælkerne. Så skal de næste søjler S201 på plads



ovenpå dækelementerne osv. Dette er "stableprincippet", som vi har benyttet med held i det foregående. Takket være dækelementernes knastvederlag på tværvæggene kunne vi på en overskuelig måde få overført de lodrette tryk fra ovenliggende væg til væggen nedenunder gennem fugebetonen. Men i dette tilfælde er det knapt så overskueligt. Ser vi på et "etagekryds" opbygget efter stableprincippet, er der "knasfuger", dvs. beton mod beton tre steder som vist, dvs. de store trykkræfter i søjlerne skal måske overføres på nogle få steder, hvor der tilfældigvis er kontakt med risiko for knusning og hvad deraf følger.

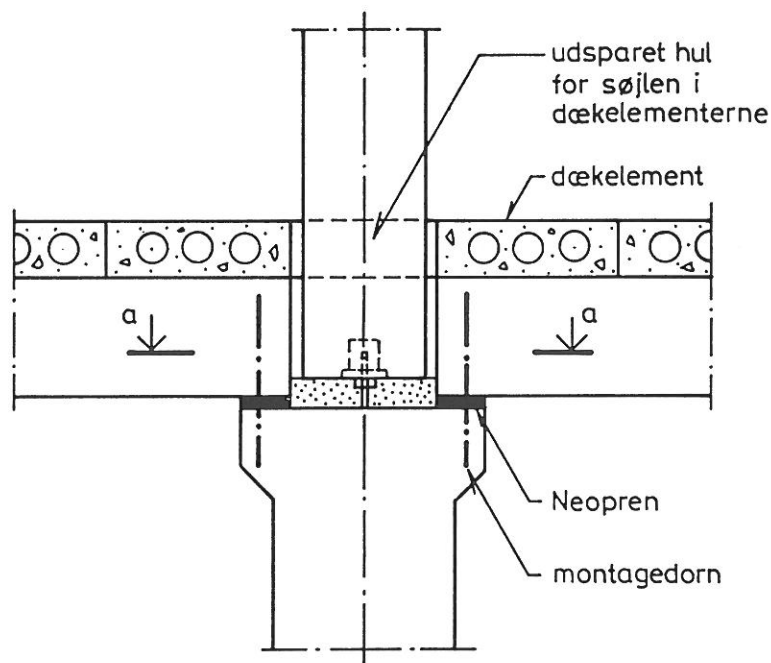


Løsningen er ikke acceptabel - i hvert fald ikke for blot nogenlunde store tryk. Der er også andre usikkerheder, f.eks. vil bjælkerne bøje ned ved belastning og forøge den usikre kraftoverførelse, se nedenfor (stærkt overdrevet).



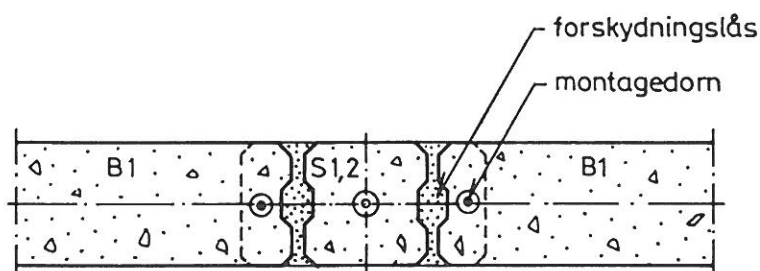
Problemet er derfor at få overført søjlekræfterne på en sikker måde og samtidig sørge for et vederlag for bjælkerne.

Konsolløsningen går ud på, at bjælkerne hviler på konsoller på søjlerne, og at søjlekræfterne overføres i en zone, der støbes på stedet, se figuren.



Vi monterer bjælkerne på konsollerne. De hviler på neopren, som virker trykfordelende, så der ikke bliver knasfuge-virkning. Der monteres den punkteret viste stældorn, idet konsol og bjælkeende leveres med dornhul.

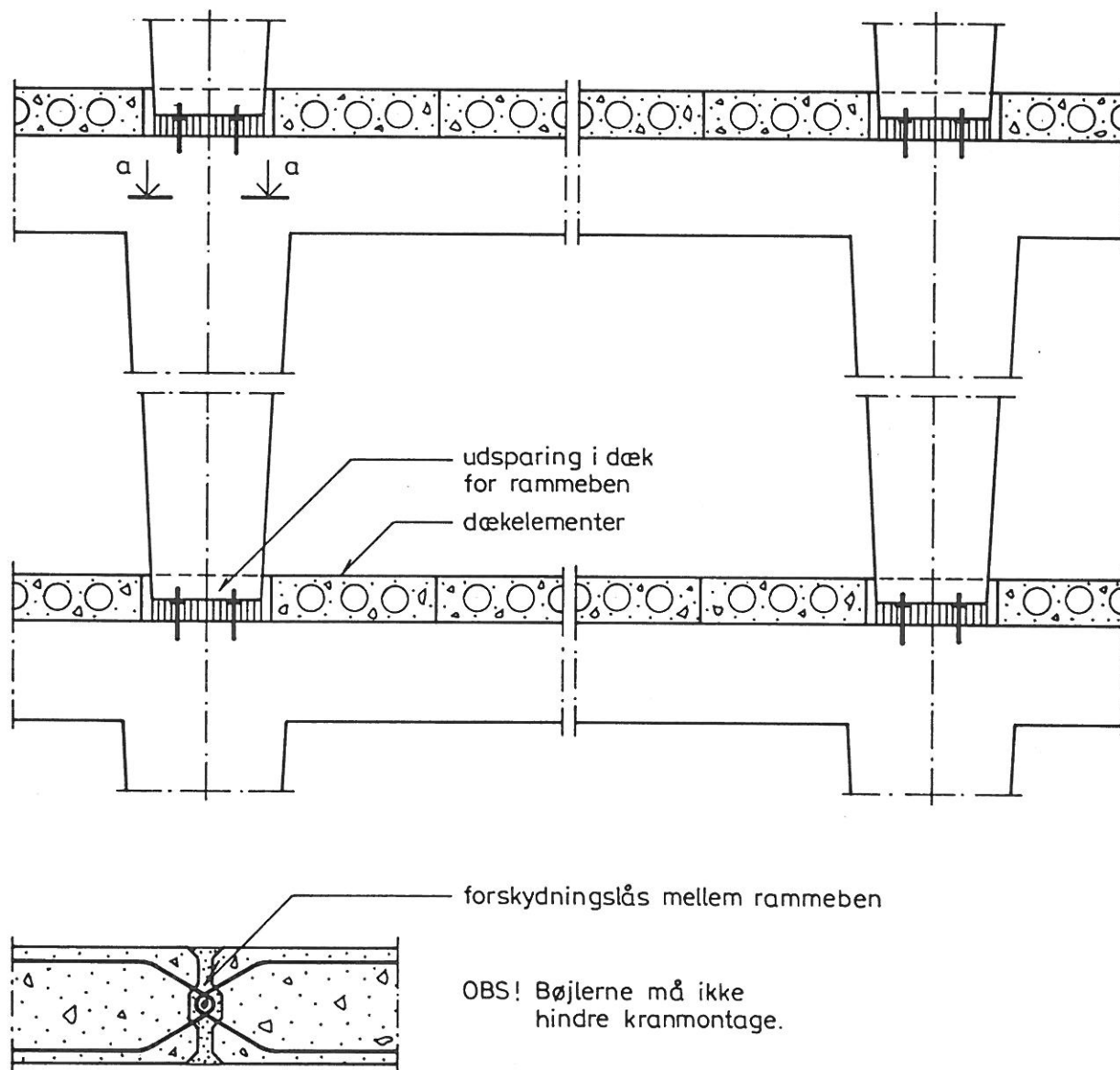
Som ved tværvægsbyggeriet kan man også have en lodret montagebolt med indstillelig møtrik til centrering og højderegulering af søjlen. Mellemrummet mellem søjlerne udstøbes med fugemørtel. Der er udsparet i dækelementerne for søjlen. Ser vi på snit a-a, kan der anordnes forskydningslås mellem bjælkeender og søjle, hvilket hindrer bjælkerne i at kippe (dvs. vride sig til siden). Tilbage er der lidt "kosmetik", så det ser pænt ud.



Snit a-a (jvf. figur ovenfor)

Konsolløsninger er måske ikke så kønne, men til gengæld sikrer de en veldefineret kraftoverførelse fra søjle til søjle.

Rammeløsningen går ud på, at "søjle-bjælke" erstattes af to-charniers rammer som vist. (Det er en slags vægge med hul i!)

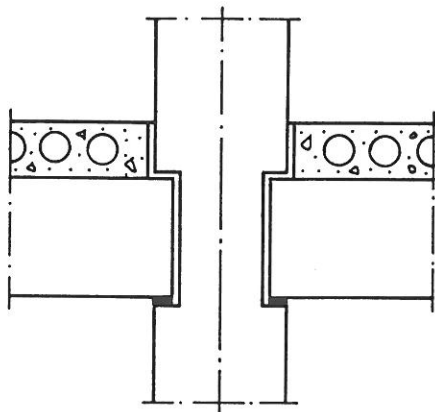


Snit a-a

Nachdelen ved denne løsning er, at rammer med højde over ca. 3,6 m ikke kan transporteres på offentlig vej (broer, ledninger m.v.). Til gengæld er rammerne sidestabile - de kan optage vandrette kræfter i rammens plan - medens konsolløsningen fra før kun vanskeligt kan gøres momentstiv, så der kan optages vandrette kræfter. Dette har betydning for den rumlige stabilitet.

Der findes andre løsninger, hvor bjælkeenderne føres et stykke ind i søjlerne, som til gengæld bliver lange, hvilket kan give problemer med at overholde tolerancer for tilladelig krumning.





Bjælkevederlag kan være af stål, der svejses efter montage for at skabe sammenhæng i konstruktionen. Bjælkerne forsynes dog med bøjler, der føres op i dækelementfugerne, og med fugearmring i etagedækkene og søjlerne fastsvejst til bjælkevederlagene skulle der ikke opstå problemer med at få det hele til at hænge sammen.

## 5. RÅD OG VINK TIL HJÆLP VED PROJEKTERING AF RÅHUSETS BÆRENDE KONSTRUKTIONER

Indgangsvinklen til ingeniørens projektering af råhusets bærende konstruktioner vil være et forslag til en bygningskonstruktion i form af et oplæg fra bygherren. Isolering, installationer m.v. skal indgå i overvejelserne, hvor de kan få afgørende indflydelse på de bærende konstruktioner. Der kan være tale om placering af store ventilationskanaler og andre rørinstallationer m.v.

I de indledende faser er det nyttigt at anvende metoden "Trial and Error". Den går ud på, at man uden alt for mange "dikedarer" tegner et forslag færdigt vel vidende, at det ikke er det endelige forslag. Navnlig som nybegynder - men skam også som øvet - sker der hele tiden det, at man bliver "klogere", mens man tegner. Men i stedet for at gå tilbage i processen og rette i det, man allerede har lavet, kører man uforfærdet videre - for lidt efter kommer der en ny erkendelse - og så videre. Så i stedet for at køre frem og tilbage med samme løsning gør man sig færdig, og først bagefter kritiserer man og laver en liste over alle fejl og mangler. Med denne viden prøver man igen, og efter et antal forsøg er man nået et niveau, hvor man har fået en brugbar løsning. Men det kan altid gøres bedre! Og det er den anden fare, nemlig at man bliver ved uden at opnå de store forbedringer.

Tegn altid i skala. Ved detaljer f.eks. 1:5 eller sågar 1:1 om nødvendigt. Når alle de væsentlige samlingsdetaljer er på plads, er man klar til at tegne snit i skala 1:20, som giver et godt og forståeligt indtryk af konstruktionen. Der er tale om normalsnit og længdesnit i bygningen. Desuden tegnes i skala 1:100 facader og gavle.

I de indledende faser baseres alle dimensioner på overslagsberegninger i de tilfælde,

hvor man ikke kan finde en dimension i et katalog. F.eks. ved man ikke uden videre dimensionerne for et pladsstøbt dæk med bjælker og krydsarmerede plader. i "Teknisk Ståbi" er der imidlertid angivet nogle simple empiriske formler, der kan bruges.

For træspærs vedkommende findes dimensionerne i spærkataloger.

Når hele konstruktionens principielle opbygning er fastlagt, kan detailprojekteringen begynde. Der udføres detailberegninger og procestegninger med angivelse af anvendte materialer, krav til udførelse (f.eks. henvisning til normer m.v.), alle nødvendige mål, og i det hele taget alt, hvad der har med den praktiske udførelse at gøre. Ved elementbyggeri kan der blive tale om elementtegninger, der skal bruges på betonfabrikken, og montage tegninger, der skal bruges af montørerne og ved fastlæggelse af produktionssrækkefølge.

Det er fornuftigt at overveje, hvilken målgruppe en tegning skal have. Når det er fastlagt, må man finde ud af, hvilke oplysninger denne målgruppe har brug for. Kun disse oplysninger skal med på tegningen. Alle andre unødvendige oplysninger virker kun overflødige og forvirrende.

Der findes forskellige systemer for, hvordan man kan holde styr på byggeriets mange sagsakter, herunder tegningerne. Her nævnes blot, at for tegningerne til råhuset skelner man mellem

- Skitser
- Moduldetaljer
- Moduloversigtstegninger
- Tilvirkningstegninger, procestegninger
- Samlingsdetaljer
- Montage tegninger

### Skitser

I denne fase vælges konstruktionsprincipper, hvilke materialer der skal anvendes, og byggemetoder.

Bærende vægge, bjælker, søjler m.v. skal placeres. Normalt placeres symmetriakser f.eks. vægmidte osv. i modullinierne - "akseprincippet". Ved facader og gavle er forholdene lidt anderledes, og her må der foretages en skønnet placering. Først når alle moduldetaljer er gennemarbejdet, kan den endelige placering bestemmes. Der findes således ingen faste regler for modulliniernes beliggenhed i planen. Modullinierne må rettes ind efter elementerne og samlingsmetoden.

### Moduldetaljer

I denne fase studeres alle elementsamlingerne, og med kendskab til samlingsmetoder m.v. kan modullinierne fastlægges. Ved den murede facade placeredes modullinien 25 mm inde i bagmuren. Med 10 mm studsuge opnåede vi da, at vi kunne placere 60 mm modulet for murstensforbandt 30 mm fra modullinien i hver facade og derved opnå, at murforbandets 60 mm net ikke blev forstyrret.

Moduldetaljer tegnes i stor målestok, f.eks. 1:1, 1:2 for at få alle detaljer med. De kan så nedfotograferes og danne udgangspunkt for samlingsdetaljer, f.eks. i skala 1:5.

Samlingsdetaljer er procestegninger til byggepladsen.

### Moduloversigtstegninger

Når alle modullinier er fastlagte og alle elementer valgt, udarbejdes moduloversigtstegninger, som viser:

- Alle modulære bygningsdele
- Delenes indbyrdes placering
- Placering i forhold til modullinier.

Disse tegninger er målsat i modulmål og er ikke procestegninger til byggepladsen men er af generel oplysende karakter for den videre projektering.

Moduloversigtstegninger er udgangspunkt for montagetegninger til byggepladsen.

### Tilvirkningstegninger, procestegninger

Disse tegninger skal bruges af fabrik, værksted og byggeplads til fremstilling af elementer og til arbejde, der udføres på byggepladsen.

Tegningerne skal indeholde alle nødvendige oplysninger for den korrekte udførelse, dvs. mål og kvalitetskrav. Alle mål er i mm.

### Samlingsdetaljer

Disse tegninger indeholder oplysninger om placering, fugeudførelse, montagejern, inddækning, isolering m.m.

Der anvendes målafsetsningslinier - som kan være modullinier, men de behøver ikke være det -. Alle mål er i mm, og der er ikke vist modullinier på disse tegninger. Men der er meget tæt sammenhæng mellem disse tegninger og moduldetaljer.

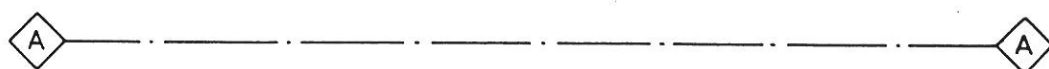
### Montagetegninger

Disse tegninger udarbejdes ud fra moduloversigtstegningerne og viser beliggenheden af de forskellige elementer. Elementerne forsynes med typebetegnelse og nummer. Beliggenheden vises i forhold til målafsetsningslinier. Den helt nøjagtige placering skal søges på samlingsdetaljerne, og der skal være overensstemmelse mellem målafsetsningslinierne på detailtegningerne og montagetegningerne.

### Målafsetsning

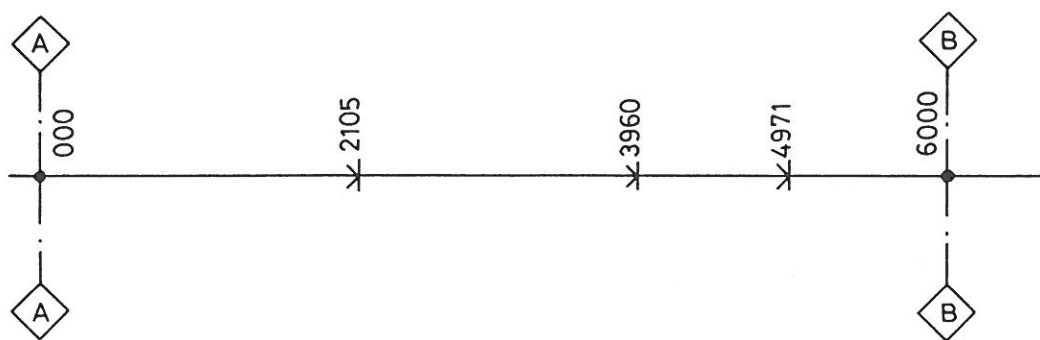
Der skelnes mellem modullinier, som bruges ved planlægningen, og målafsetsningslinier på byggepladsen afsat af landinspektør.

Målafsetsningslinier vises på tegninger med tynd stiptet linie eller fuld linie mærket med et kvadrat i hver ende.



Liniernes placering vælges ud fra praktiske hensyn.

Fra målafsetsningslinierne angives afsætningsmålene ved hjælp af nulliniemålafsetsning i mm.



Afsætning af lodrette mål foregår ud fra koteplaner. Koter angives i m med tre decimaler.

### Pladsstøbte betonkonstruktioner

Her kan benyttes følgende nummereringssystem: Etagerne markeres med numre begyndende med 000 for nederste etage og derefter 100 200 osv. opefter.

Alle konstruktionselementer, der ligger i plan med etagen eller understøtter etagen, opkaldes efter etageangivelsen. Fx. betyder p 304 pladetype nr. 4 i etage 300. Der er plads til 99 varianter. Ens elementer gives samme nummer uanset placering. B 603 er således bjælketype nr. 3 i etage 600. S 608 er søjletype nr. 8, der bærer etage 600. V 201 er vægtype nr. 1, der bærer etage 200. Hvor der ikke er tvivl om højdeplaceringen, gives blot fortløbende numre. F 7 er fundament nr. 7.

## 6. AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER VEDR. PROJEKTARBEJDET

Af tidsmæssige årsager vil det ikke være muligt at foretage en totalprojektering af et rådhus i løbet af et semester. Derfor må der foretages en omhyggelig projektafgrænsning, som bestemmes af den overordnede målsætning for semestret.

Hvis der f.eks. indgår et kursus i armeret beton og trækonstruktioner, bør projektet indeholde konstruktionselementer inden for disse kategorier. F.eks. kunne man vælge at udføre en pladsstøbt etage med et dæk bestående af krydsarmerede plader. Der kan udvælges nogle typiske betonelementer til nærmere undersøgelse, f.eks. væg-, bjælke- og søjleelement. Der kan vælges træspær i tagkonstruktionen. Spæret beregnes og tegnes - måske vælges et begrænset antal knudepunkter til detailundersøgelse.

Tegningsmaterialet skal begrænses til et rimeligt antal inden for de forskellige kategorier. Det er bedre med få gennemarbejdede tegninger end mange halvfærdige!

Det er vigtigt at udarbejde en handlingsplan for projektarbejdets afvikling. Det er måske en god ide at følge den ovenfor angivne rækkefølge for tegninger:

1. Skitser - der arbejdes med det valgte projektoplæg
2. Moduldetaljer - der arbejdes med de vigtigste samlinger
3. Moduloversigtstegninger - der vælges en typisk etage
4. Procestegning - der beregnes og tegnes udvalgte dele i armeret beton og træspær

5. Samlingsdetaljer - der vælges nogle typiske moduldetaljer, som gennemarbejdes
6. Montagetegninger - der vælges f.eks. pladeelementer i en etage

De nævnte aktiviteter placeres i en samlet tidsplan for hele semestret, så der hele tiden er check på, hvor langt man er nået. Det er vigtigt at udføre tegningerne hurtigst muligt! Lad være med at udsætte tegningsarbejdet til allersidst! Kun tegningerne kan vise, hvordan konstruktionerne egentlig ser ud! Det kan beregningerne ikke! Det kan i værste fald ske, at det beregnede ser helt umuligt ud, når det bliver tegnet op og derfor må laves helt om!

### Supplerende litteratur

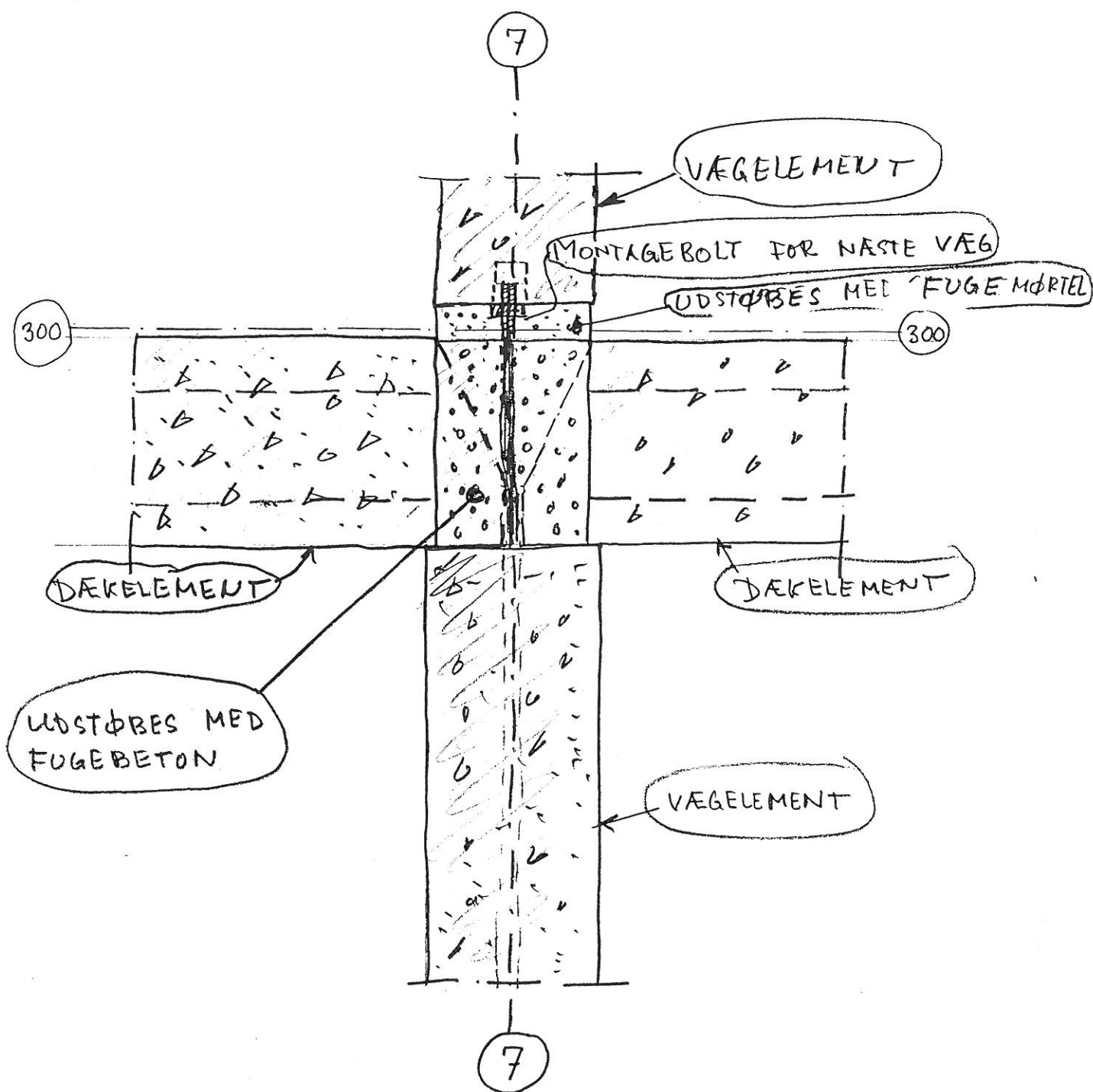
Institut 6 råder over en katalogsamling, hvor der kan hentes oplysninger om alle byggeriets færdigvarer.

Endvidere findes et antal eksemplarer af "Modul og Betonbyggeri" af Henrik Nissen, til udlån. Bogen er en grundig og meget omfattende indføring i emnet. Der nævnes også "Modulprojektering i praksis", SBI-anvisning 164, 1989.

### En sidste bemærkning

I vil opdage, at hvis I projekterer elementbyggeri alene ud fra ingeniørmæssige synspunkter, vil I opnå et trist og kedeligt byggeri - som det f.eks. kan ses i østlandene, hvor man virkelig har udført elementbyggeri i ordets egentlige forstand! Husene får et trøstesløst ensformigt præg. Det er specielt et problem i boligkvartererne. Derfor er det vigtigt at skabe et arkitektonisk og socialt miljø, hvor mennesker kan trives! Modul og montagebyggeri behøver bestemt ikke at blive kedeligt, men det kræver, at der inddrages en arkitektonisk dimension i projekteringen. Det har vi desværre ikke mulighed for på AUC, da vi ikke har arkitekter tilknyttet projektenhederne. Derfor må I være jeres egne arkitekter og prøve at skabe en konstruktion, der er spændende og attraktiv for de mennesker, der skal bruge bygningen.



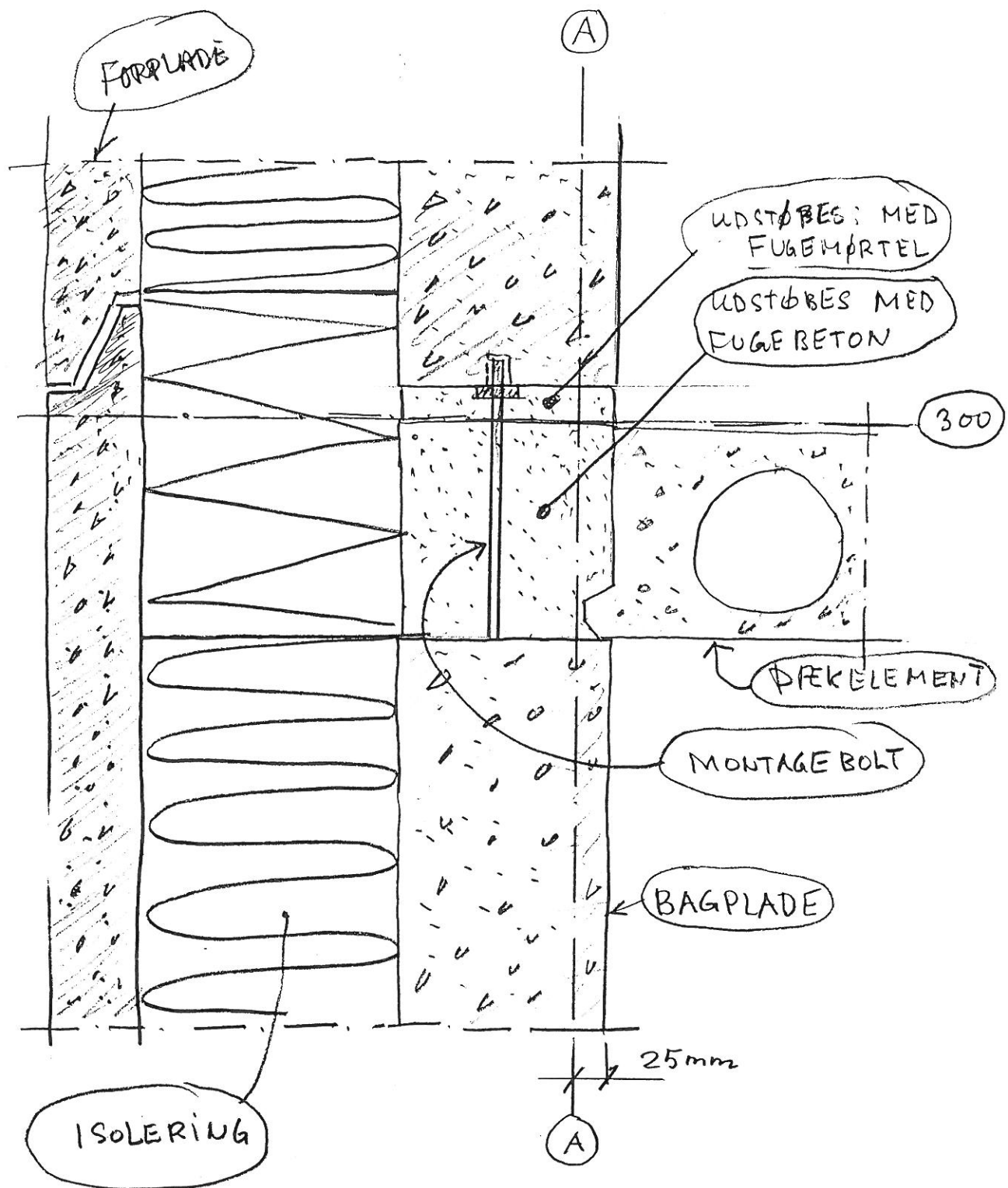


LODRET SNIT

SAMLING OVER TVÆRVÆG

TEGN. NR B1

1:5

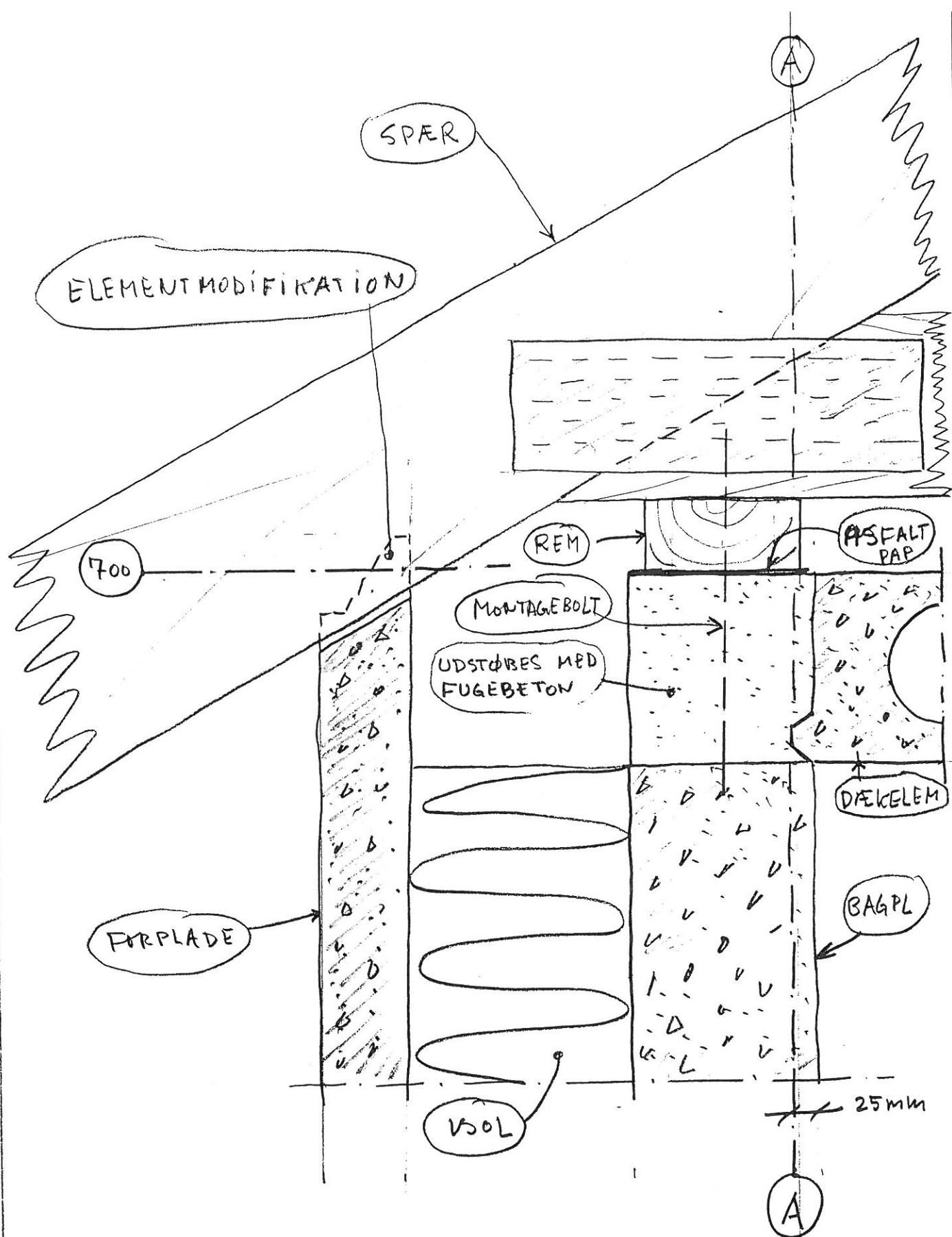


LODRET SNIT

SAMLING VED FACADE

TEGN. NR. B2

1:5

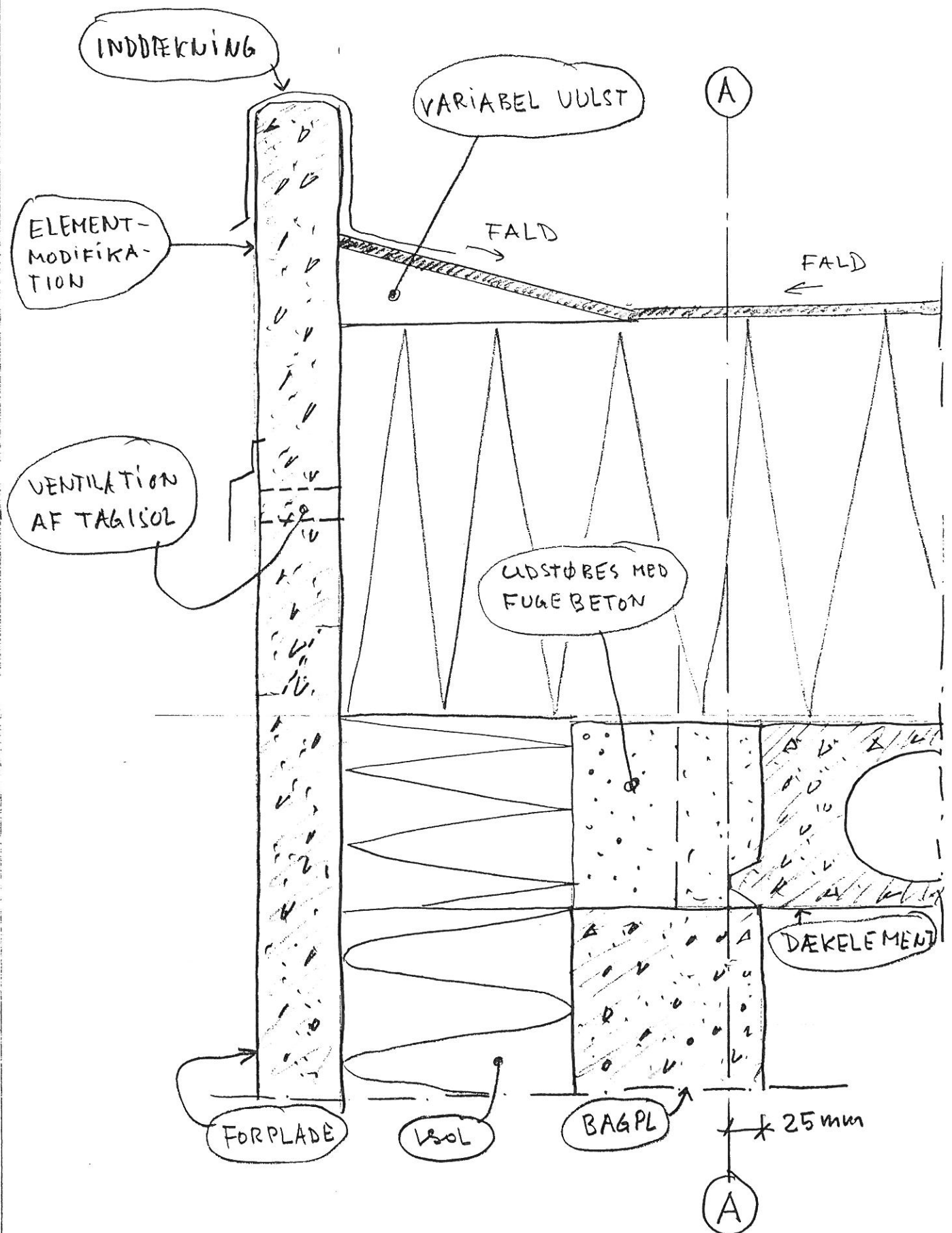


NOTE: YDERLIGERE TAGDETALJER, DER IKKE ER VIST PÅ DENNE TEGNING  
ER VIST PÅ TEKN. NR. M3

TAGKONSTRUKTION MED SPÆR

TEGN. NR. B3

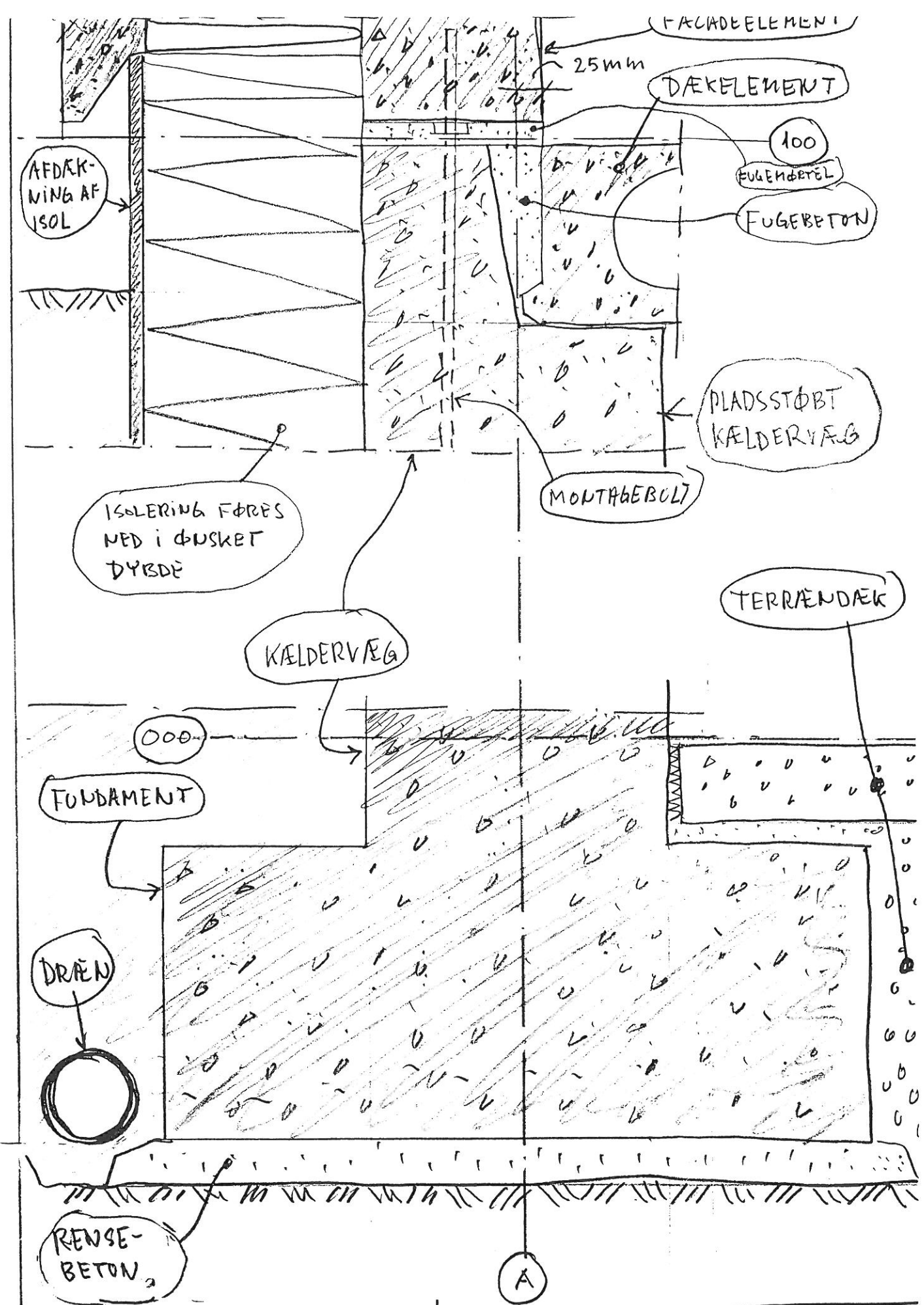
1:5



TAGKONSTRUKTION MED FLADT TAG

TEGN. NR B 4

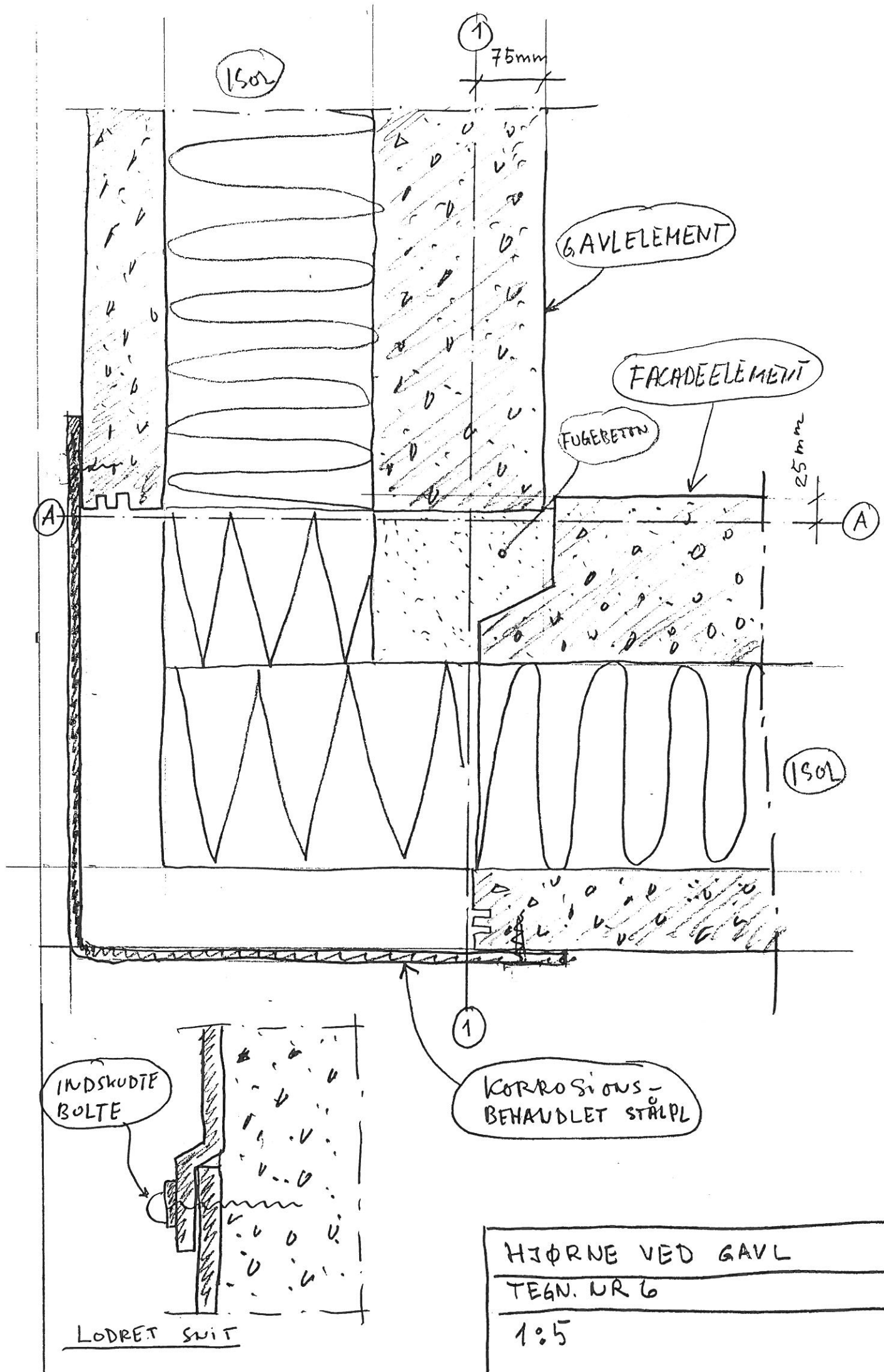
1:5

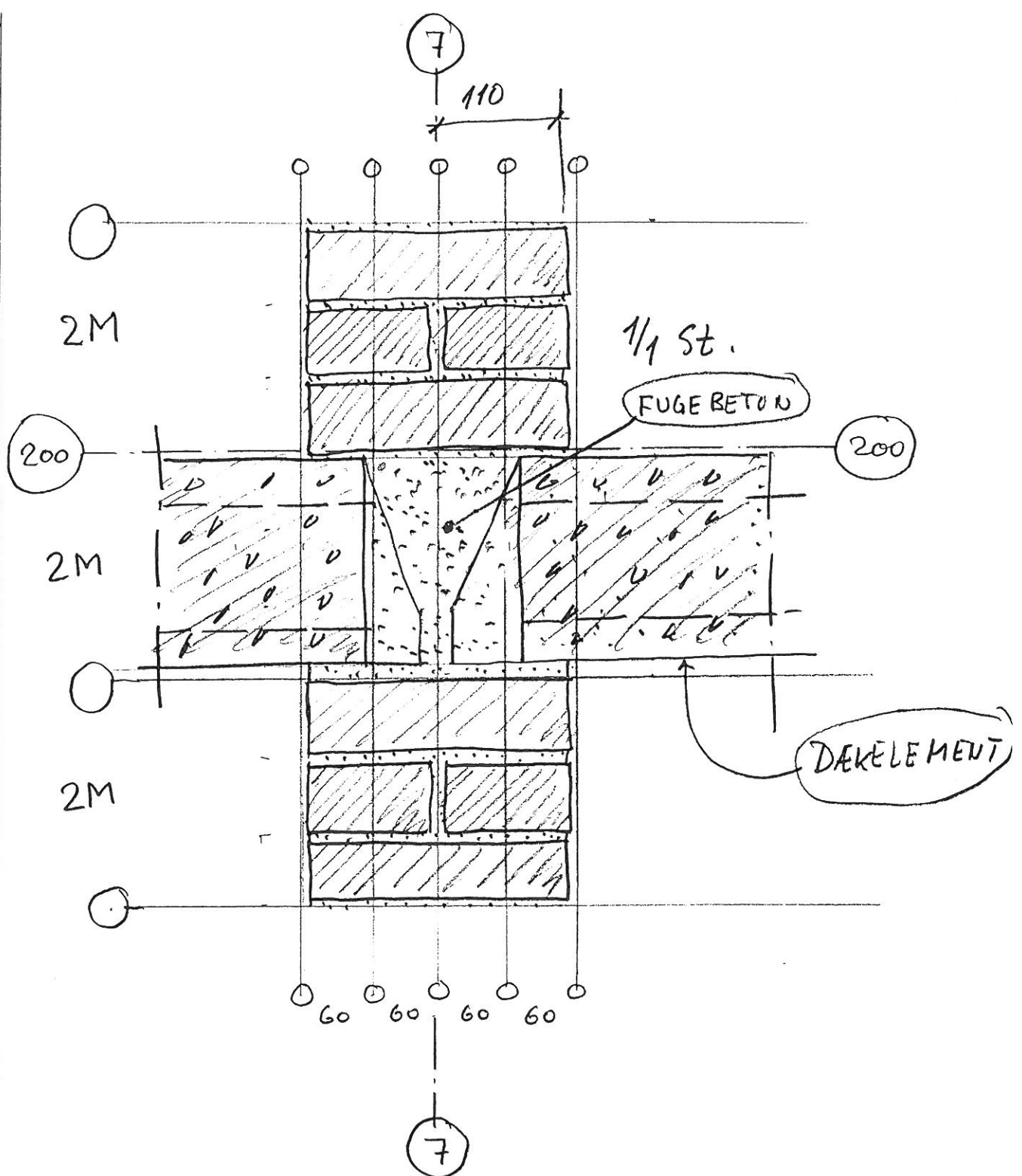


FACADEELEMENTERS TILSLUTNING TIL KÆLDER  
TEGN, NR B 5

1:5



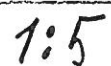


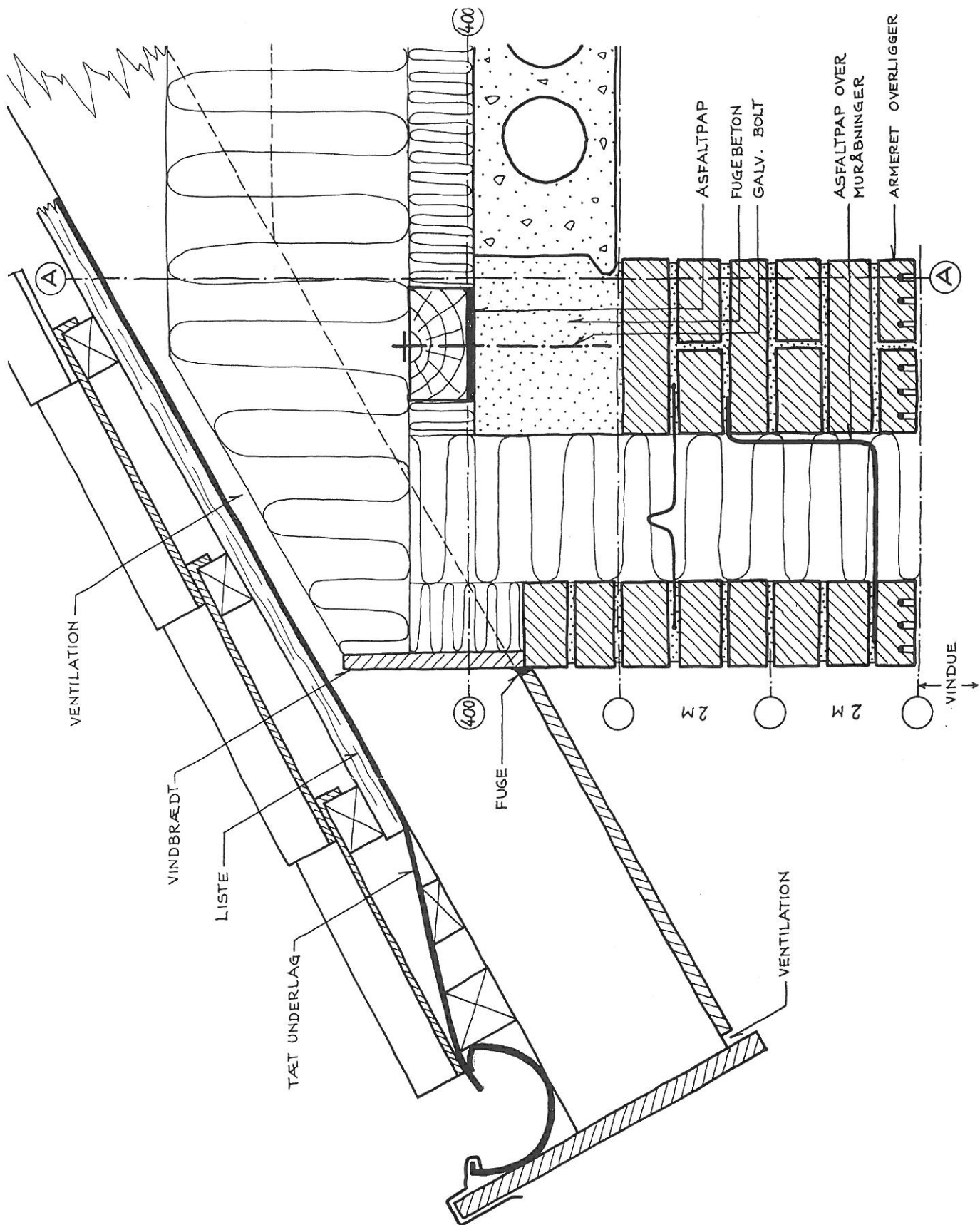


SAMLING OVER TVÆRVÆG

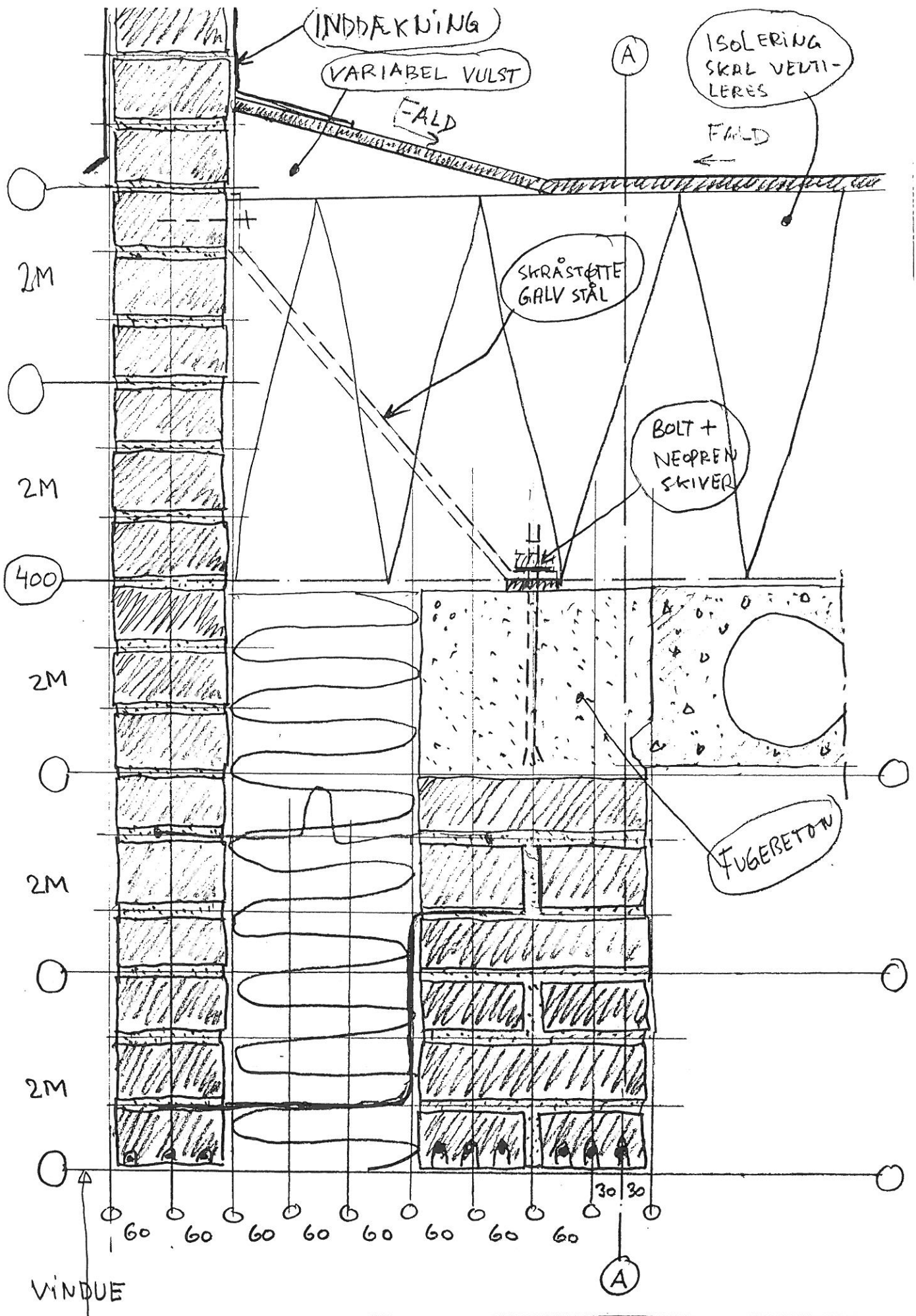
TEGN. NR M1

1:5





|                                |  |           |    |
|--------------------------------|--|-----------|----|
| AALBORG UNIVERSITETSCENTER     |  | TEGN. NR. | M3 |
| EMNE: TAGKONSTRUKTION MED SPÆR |  | MÅL: 1:5  |    |

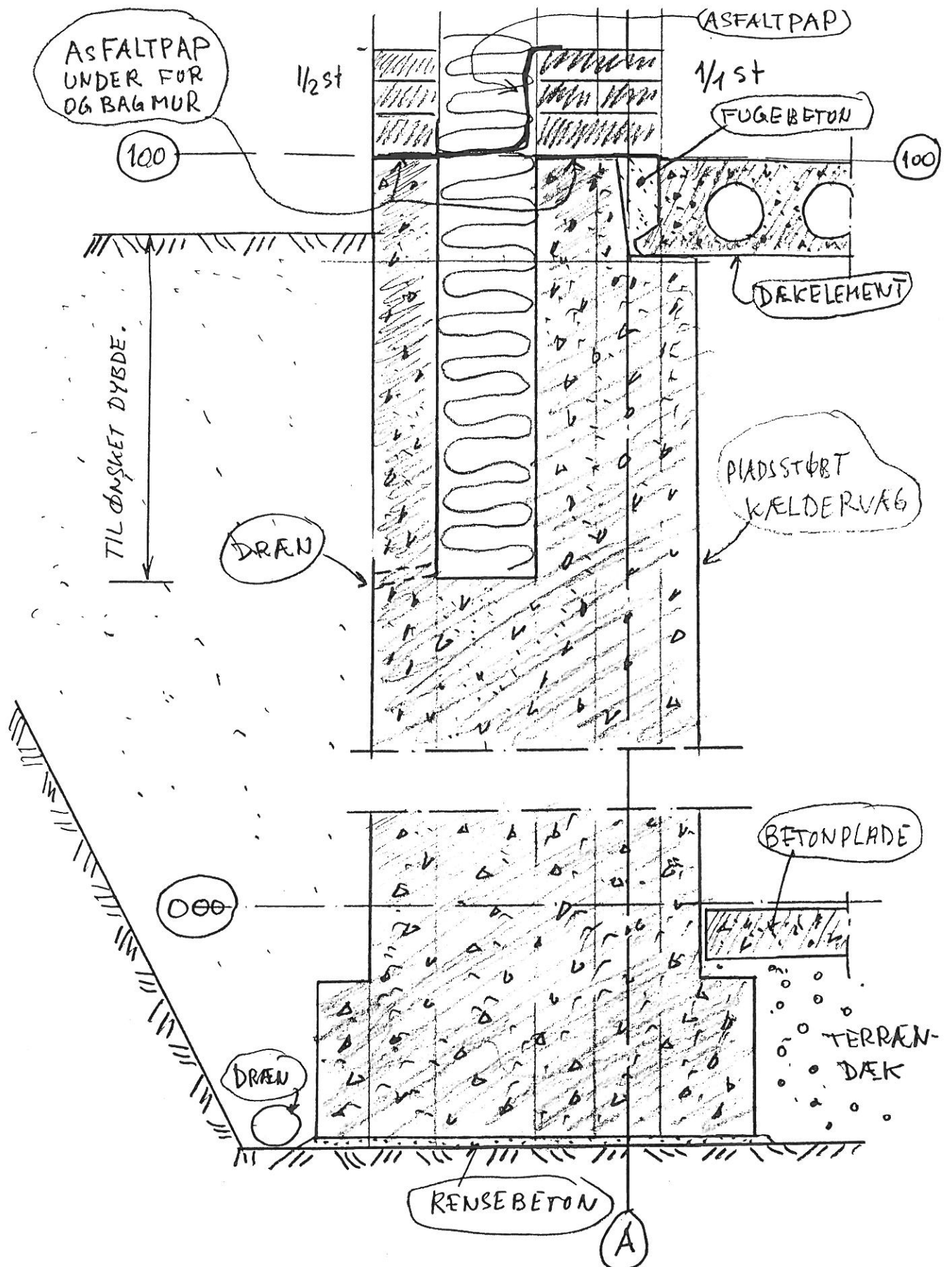


TAGKONSTRUKTION MED FLADT TAG

TEGN. NR. M 4

1:5





YDERVÆGGENS TILSLUTNING TIL KÆLDER

TEGN. NR. M 5

1:10